

Trabalho de Conclusão de Curso

ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA O MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS

Autor: Victor Valente Silvestre

Prof Orientador: Armando Borges de Castilhos Jr.

2011/2



Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL**

**ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO DE ESTAÇÃO DE
TRANSFERÊNCIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA
O MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS**

Victor Valente Silvestre

**FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2011**

Silvestre, Victor

Estudo de localização de estação de transferência de resíduos sólidos urbanos para o município de Florianópolis.

Victor Valente Silvestre – Florianópolis, 2011

96p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental.

1. Estação de Transferência; 2. Transporte de Resíduos Sólidos;
3. Aterro Sanitário; 4. Resíduos Sólidos Urbanos.

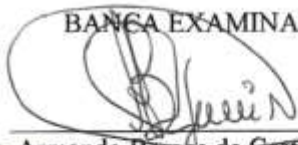
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

ESTUDO DE LOCALIZAÇÃO DE ESTAÇÃO DE
TRANSFERÊNCIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PARA O
MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS


VICTOR VALENTE SILVESTRE

Trabalho submetido à Banca Examinadora
como parte dos requisitos para Conclusão do
Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental–TCC II

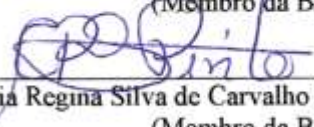
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Armando Borges de Castilhos Jr.
(Orientador)



Eng. Francisco José Guedes Pimentel
(Membro da Banca)



Prof. Dra. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)
DEZEMBRO/2011

AGRADECIMENTOS

Agradeço a toda a minha família, especialmente aos meus pais, Edson e Selma, que desde o início me incentivaram a buscar meus objetivos, me apoiando em todos os momentos. Agradeço pela confiança e o amor incondicional que depositaram em mim e pelo exemplo de perseverança e determinação que são. Obrigado por serem assim tão especiais.

A minha namorada Cristina, que esteve ao meu lado durante todo esse percurso, presenciando cada nova etapa e me incentivando em cada uma delas. Foi simplesmente a parceria ideal em todos os momentos, especialmente nos momentos felizes.

A Universidade Federal de Santa Catarina, pela formação profissional e pessoal que me proporcionou.

Ao professor Armando, meu orientador que acreditou em mim e esteve sempre presente para solucionar minhas questões.

A todos os professores que tive contato pelos conhecimentos compartilhados.

Agradeço também a COMCAP e ao Paulo e a Eng. Flávia, deste órgão, que me disponibilizaram seu tempo e informações imprescindíveis para finalização deste trabalho.

E a todos os meus amigos que colaboraram para o meu desenvolvimento acadêmico, pessoal e profissional.

RESUMO

SILVESTRE, V. V. Estudo De Localização De Estação De Transferência De Resíduos Sólidos Urbanos Para o Município De Florianópolis. Florianópolis, 2011, 96p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC

Sabe-se que a problemática que envolve a produção de resíduos sólidos vem preocupando cada vez mais a sociedade moderna. Atualmente, devido à concentração urbana, os resíduos sólidos têm se tornado um dos principais problemas enfrentados pelos gestores públicos. Com o crescimento das cidades, conseqüente aumento das distâncias entre os pontos de coleta dos resíduos e o aterro sanitário, as taxas de recolhimento de lixo impostas pelas prefeituras tem sido influenciadas diretamente. Sabe-se que os custos de transporte correspondem a uma parcela significativa das taxas cobradas para disposição final de resíduos. Conforme estudos previamente realizados existem algumas maneiras de se reduzir o custo de transporte dos resíduos sólidos urbanos. Uma das alternativas para essa problemática é a implantação de estruturas que permitem o repasse dos resíduos coletados por veículos compactadores de pequeno porte para veículos de grande porte e maior capacidade de carga, que encaminham os resíduos ao destino final. Essas estruturas são chamadas de estações de transferência ou estações de transbordo. O presente trabalho se propôs a estudar qual a região florianopolitana, ideal para locação de uma nova estação de transferência, de resíduos, que possa atender ao município de Florianópolis. Como resultado a região norte foi identificada como a região prioritária para implantação deste tipo de estrutura. Além disso, foram avaliados cenários de simulação econômica para a implantação de uma estação de transferência de resíduos sólidos na região norte.

PALAVRAS-CHAVE: Estação de Transferência; Transporte de Resíduos Sólidos; Aterro Sanitário; Resíduos Sólidos Urbanos.

ABSTRACT

SILVESTRE, V. V. Study of Location By Waste Transfer Station Urban to the city of Florianopolis. Florianópolis, 2011, 96p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC

We know that the challenge involving waste generation has been increasing concern in modern society. Currently, due to urbanization, solid waste has become one of the main problems faced by public managers. With the growth of cities, the consequent increase of the distances between the points of collection of waste and the landfill, the garbage collection fees imposed by municipalities have been affected directly. It is known that transport costs represent a significant portion of the fees charged for disposal of waste. As previous studies there are some ways to reduce the cost of transportation of municipal solid waste. One of the alternatives to this problem is the implementation of structures that allow the transfer of waste collected by compactor vehicles for small and large vehicles greater load capacity, who deliver the waste to final destination. These structures are called transfer stations or transfer stations. This study set out to study the region where florianopolitana, ideal for rental of a new transfer station, waste that can serve the city of Florianopolis. As a result the northern region was identified as a priority area for implementation of this type of structure. In addition, simulation scenarios were evaluated for economic deployment of a transfer station for solid waste in the northern municipality.

KEYWORDS: Transfer Station, Solid Waste Transportation, Landfill, Solid Waste.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de ETRS	30
Figura 2 – Aterro Sanitário	41
Figura 3 – Localização de Florianópolis	43
Figura 4 – Localização EMTRS (Florianópolis e Biguaçu), em amarelo a percurso economizado com a utilização do transporte marítimo.	82
Figura 5 – Localização das EMTRS e distâncias percorridas.	83
Figura 6 – Terminal flutuante sugerido pelo Governo do Estado de Santa Catarina.	84

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Variação sazonal dos componentes encontrados nos RSU.	51
Gráfico 2 - Geração Mensal de resíduos em Florianópolis no ano de 2007 e 2008	55
Gráfico 3 - Previsão de população (corrigida) por região.	64
Gráfico 4 – Custo (R\$/ton.) em função da distancia percorrida (CenárioI)	78
Gráfico 5 – Custo (R\$/ton.) em função da distancia percorrida (CenárioII)	80
Gráfico 5 – Comparativo dos Custos (R\$/ton.) em função da distancia percorrida, para os cenários I, II e II.	87

INDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Composição gravimétrica do lixo em alguns países (%).	23
Tabela 3 – Média mensal dos componentes em porcentagem de massa, referente ao ano de 2001.	50
Tabela 3 – Média regional dos componentes em porcentagem de massa, referente ao ano de 2001.	53
Tabela 4 - Densidade Aparente do lixo por região do município (kg/m ³).	54
Tabela 5 - Umidade do lixo por região do município (%)	54
Tabela 6 – Quantidade de Resíduos coletados em Florianópolis (2002)	55
Tabela 7 - Geração Mensal de resíduos em Florianópolis no ano de 2007 e 2008 (t/mês)	56
Tabela 7 - Geração per capita.....	57
Tabela 8 – Previsão de população para os anos de 2010 e 2011.....	59
Tabela 9 – Previsão de população para os anos de 2015 e 2020.....	60
Tabela 10 – Previsão de população corrigida 2010.....	61
Tabela 12 – Previsão de população corrigida 2011, 2015 e 2020.....	61
Tabela 14 – Previsão de população (corrigida) por região (2010 – 2011).	63
Tabela 15 – Previsão de população (corrigida) por região (2015 – 2020).	63
Tabela 15 – Distribuição populacional por região, referentes à população de 2007	65
Tabela 16 – Distribuição percentual de geração de resíduos por região.	65
Tabela 17 – Estimativa da geração de RSU para cada região nos meses de dezembro de 2007 a fevereiro de 2008.....	66
Tabela 18 – Estimativa da geração de RSU para cada região nos meses de março de 2008 a julho de 2008.	67
Tabela 19 – Estimativa da geração de RSU para cada região nos meses de agosto de 2008 a novembro de 2008.....	67
Tabela 20 – Estimativa da geração per capita de RSU para cada região – Alta Temporada	68

Tabela 21 – Estimativa da geração per capta de RSU para cada região – Baixa Temporada	68
Tabela 22 – Média de geração per capta	69
Tabela 22 – Previsão na Baixa Temporada	70
Tabela 23 – Previsão na Alta Temporada.....	71
Tabela 24 – Distancia média percorrida por roteiros e por região.	72
Tabela 25 – Tempo de transporte e velocidade média, por roteiro, durante o mês.	73
Tabela 27 – Geração de cada região (alta e na baixa temporada).	74
Tabela 28 – Distancia média de transporte para cada região (alta e na baixa temporada).	74
Tabela 29 – Pré - dimensionamento.	75
Tabela 30 – Distâncias de transporte.....	77
Tabela 31 – Custos de transporte direto.	77
Tabela 32 – Custos de transporte indireto.	79
Tabela 33 – Custo de transporte marítimo.	85
Tabela 34 – Custo em R\$/ton transportada para a distancia determinada.	85
Tabela 35 – Comparativo entre os cenários.	86
Tabela 36 – Comparativo entre os cenários, considerando a distancia até o aterro.	86

SIGLAS E ABREVIACÕES

CETRES – Centro De Transferência De Resíduos Sólidos de Florianópolis

CONDER – Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia

COMCAP – Companhia De Melhoramentos Da Capital

EMTRS – Estação Marítima De Transferência De Resíduos Sólidos

EPA – United States Environmental Protection Agency

ETRS – Estação De Transferência De Resíduos Sólidos

IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal

IPUF – Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis

PMISB – Plano Municipal Integrado De Saneamento Básico

PMF – Prefeitura Municipal De Florianópolis

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

SCDHEC – South Carolina Department Of Health and Environmental Control

SUMÁRIO

1.	Introdução	15
2.	Objetivos	16
2.1.	Objetivo Geral	16
2.2.	Objetivo Específico	16
2.3.	Justificativa.....	16
3.	Resíduos Sólidos Urbanos (RSU): Aspectos Qualitativos e Quantitativos, Principais Características	17
3.1.	Definições.....	17
3.2.	Classificação.....	18
3.3.	Características.....	20
4.	Sistemas de Limpeza Urbana: Acondicionamento, Coleta e Transporte	23
4.1.	Acondicionamento.....	24
4.2.	Coleta.....	24
4.3.	Transporte.....	26
5.	Estação de Transferência no Contexto da Limpeza Urbana	27
5.1.	Histórico	27
5.2.	Conceitos, Tipos e Normas.....	29
5.3.	Locação de Estações de Transferência	33
5.4.	Dimensionamento	36
6.	Tratamento e Destino Final.....	37
6.1.	Compostagem	38
6.2.	Valorização.....	39
6.3.	Incineração	40
6.4.	Aterro Sanitário	40

7.	Área de Estudo.....	42
7.1.	Município de Florianópolis	42
7.2.	Histórico do Setor de Resíduos Sólidos de Florianópolis	46
7.2.1.	Centro de Transferência de Resíduos Sólidos de Florianópolis (CETRES).....	48
7.3.	Caracterização Dos Resíduos Sólidos De Florianópolis	49
7.3.1.	Características Qualitativas.....	49
7.3.2.	Características Quantitativas.....	54
8.	Metodologia.....	57
8.1.	Horizonte de Projeto.....	58
8.1.1.	Previsão da População	58
8.1.2.	Previsão Da Produção De RSU Por Região.....	64
8.2.	Análise dos Roteiros.....	71
8.2.1.	Distancias de Transporte.....	72
8.2.2.	Tempos de Transporte.....	73
8.3.	Resultado.....	74
9.	Pré-Dimensionamento	75
10.	Simulação Econômica	76
10.1.	Cenário I - Atual.....	76
10.2.	Cenário II – Estação de Transferência do Norte.....	78
10.3.	Cenário III - Estação de Transferência Marítima	80
10.4.	Resultados e Comparações.....	85
11.	Considerações Finais	88
12.	Conclusões.....	88
13.	Recomendações	89
14.	Referencias Bibliográficas.....	90

1. Introdução

Segundo VIEIRA (1999), a produção dos resíduos sólidos pode ser encarada como resultado da sociedade humana que se aglomerou, criando as cidades. Com a industrialização e o aumento da densidade populacional, passou-se a gerar maiores quantidades de resíduos, exigindo da municipalidade a implantação de um sistema de coleta, tratamento e disposição final.

Atualmente, devido à concentração urbana, os resíduos sólidos têm se tornado um dos principais problemas enfrentados pelos gestores públicos. A demanda por infra-estruturas de gerenciamento de resíduos sólidos nos municípios é incessante. Entre as necessidades dos centros urbanos estão às aquisições de equipamentos para a coleta, a construção de centros de triagem e transbordo e novos locais para a destinação final ambientalmente adequada. (AZAMBUJA, 2002).

Conforme informações do Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM), o aumento das exigências ambientais e a resistência da população em aceitar a implantação, de qualquer empreendimento ligado à disposição final de resíduos sólidos, próximo a suas residências, somado, a demanda de grandes áreas para implantação de aterros sanitários e a supervalorização dos terrenos urbanos, faz com que os mesmos sejam implantados cada vez mais distantes dos centros de geração de resíduos. O aumento da distancia entre o ponto de coleta dos resíduos e o aterro sanitário pode proporcionar algumas consequências significativas como: atraso no roteiro de coleta, maior exposição do lixo nas ruas; aumento do tempo improdutivo da guarnição de trabalhadores, parados a espera do veículo que foi vazar no aterro; aumento no custo do transporte; redução da produtividade dos caminhões de coleta.

Conclui-se, portanto que tais consequências giram em torno dos custos relacionados ao transporte de resíduos sólidos.

O presente trabalho, baseado em metodologias específicas apresentará uma proposta de locação regional de uma nova estação de transferência que atenda as necessidades do município de Florianópolis.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Identificar qual a região de Florianópolis, mais necessitada a implantação de uma nova estação de transferência de resíduos sólidos urbanos.

2.2. Objetivo Específico

- Levantar caracterização simplificada do sistema de coleta de resíduos sólidos do município Florianópolis;
- Determinar do crescimento populacional para um horizonte de projeto;
- Determinar geração per capita de resíduos por região municipal;
- Determinar região municipal com maior necessidade de implantação de uma estação de transferência;
- Avaliar a viabilidade econômica de implantação de uma ETRS;

2.3. Justificativa

O município de Florianópolis faz parte do aglomerado urbano da Grande Florianópolis, que engloba 13 municípios. Atualmente esse municípios destina seus resíduos sólidos ao Aterro Sanitário da companhia ProActiva Ambiental, localizado em Biguaçu e distante aproximadamente 37km do centro urbano de Florianópolis. Cerca de 41% da população de toda a Grande Florianópolis, reside no município de Florianópolis, o que representa o município com a maior produção de resíduos sólidos urbanos deste aglomerado urbano.

Os custos de transporte correspondem a uma parcela significativa das taxas cobradas pela coleta municipal de resíduos. A fim de minimizar os custos de transporte, dos resíduos produzidos por Florianópolis é importante que seja estudada a viabilidade de implantação, de uma estação de transferência, que possa atender as futuras necessidades do município, otimizando o seu sistema de coleta de resíduos sólidos urbanos.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3. Resíduos Sólidos Urbanos (RSU): Aspectos Qualitativos e Quantitativos, Principais Características

3.1. Definições

Segundo PINTO (1979), resíduo sólido pode ser definido como todo o lixo resultante das atividades das aglomerações humanas, que não possua valor ou utilidade.

HOGAN et al. (2000) apud GANDELINI, (2002) descrevem que resíduo sólido “é todo e qualquer material sólido decorrente das atividades humanas em sociedade, cujo produtor ou proprietário não o considere com valor suficiente para conservá-lo”.

A NBR 10004/2004, norma brasileira de classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, define resíduos sólidos como resíduos nos estados semi-sólidos e sólidos, oriundos de atividades industriais, hospitalares, domésticas, comerciais, agrícolas, varrição e de serviços.

A LEI FEDERAL - 12.305, sancionada em 2010 trata da Política Nacional de Resíduos Sólidos, e segundo a mesma:

“[...] resíduos sólidos podem ser: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.”.

Diante do exposto, se faz possível afirmar que os resíduos sólidos urbanos são conseqüências naturais das atividades realizadas no cotidiano da sociedade moderna. A produção de resíduos está diretamente associada a todos os bens de consumo, desde a produção de matéria prima, fabricação, transporte, uso e descarte. Observa-se que PINTO (1979), coloca resíduos sólidos como uma exclusividade das aglomerações urbanas, já HOGAN (2000) vinte e um anos depois, e a

LEI FEDERAL – 12305/2010 apresentam uma definição mais ampla que responsabiliza toda uma sociedade.

3.2. Classificação

A NBR 10004 classifica os resíduos sólidos, quanto a o potencial de contaminação do meio ambiente, em três classes, baseada na identificação do processo produtivo ou da atividade que lhes deu origem, associada às características de seus constituintes:

- Resíduos Classe I ou Perigosos – São aqueles que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.
- Resíduos classe II A – não inertes: Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou de resíduos classe II B – Inertes. São resíduos que podem apresentar as propriedades de solubilidade, biodegradabilidade ou combustibilidade, podendo trazer riscos a saúde e ao meio ambiente.
- Resíduos classe II B - Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Segundo MONTEIRO (2001) resíduos sólidos podem ainda ser classificados de acordo com sua natureza ou origem:

- Resíduos Domésticos: São os resíduos gerados nas atividades diárias em casas, apartamentos, condomínios e demais edificações residenciais.
- Resíduos Comerciais: São os resíduos gerados em estabelecimentos comerciais, cujas características dependem da atividade ali desenvolvida. Juntamente com os resíduos domésticos compõem o chamado lixo domiciliar. Os resíduos comerciais ainda podem ser divididos em dois grupos: os Pequenos Geradores são estabelecimentos que geram até 120 litros de lixo por dia, já os Grandes Geradores compreendem estabelecimentos que geram em média acima de 120 litros de lixo por dia.

- **Resíduos Públicos:** São os resíduos presentes nos logradouros públicos, em geral resultantes da natureza, tais como folhas, galhadas, etc. Este tipo de resíduo pode ser também fruto da irresponsabilidade e da má educação de uma população que dispõe nas vias, entulho, bens considerados inservíveis, papéis, restos de embalagens e alimentos.
- **Resíduo Domiciliar Especial:** Grupo que compreende os entulhos de obras, pilhas e baterias, lâmpadas fluorescentes e pneus.
- **Resíduos de Serviço de Saúde:** Compreende todos os resíduos gerados nas instituições destinadas à preservação da saúde da população. Segundo a NBR 12.808 da ABNT.
- **Resíduos de Fontes Especiais:** são resíduos que, em função de suas características peculiares, passam a merecer cuidados especiais em seu manuseio, acondicionamento, estocagem, transporte ou disposição final. Dentro da classe de resíduos de fontes especiais, merecem destaque: resíduos industriais, radioativos, agrícolas, de portos, aeroportos, terminais rododferroviários.

A classificação mais usual, em Santa Catarina, refere-se a da Lei Nº 13.557, de 17 de novembro de 2005, a qual dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos. Nesta lei, os Resíduos Sólidos são classificados em: resíduos urbanos, industriais, de serviço de saúde, de atividades rurais, de serviços de transporte, rejeitos radioativos e resíduos especiais.

Segundo a lei estadual 13.557/2005, os resíduos urbanos são aqueles provenientes de residências ou qualquer outra atividade que gere resíduos sólidos com características domiciliares, bem como os resíduos sólidos da limpeza pública urbana. Os resíduos industriais correspondem àqueles provenientes de atividades de pesquisa e produção de bens, bem como os provenientes das atividades de mineração e aqueles gerados em áreas de utilidades e manutenção dos estabelecimentos industriais. Os resíduos de serviço de saúde caracterizam-se como o material proveniente de qualquer unidade que execute atividade de natureza médico-assistencial, à população humana ou animal, centros de pesquisa, desenvolvimento ou experimentação na área de farmacologia e saúde, bem como os medicamentos vencidos ou deteriorados.

Os resíduos de atividades rurais, segundo a mesma lei, correspondem àqueles provenientes da atividade agrosilvopastoril, inclusive os resíduos dos insumos utilizados nestas atividades. Os resíduos de serviços de transporte são decorrentes da atividade de

transporte de cargas e os provenientes de portos, aeroportos, terminais rodoviários, ferroviários e portuários e postos de fronteira. Os rejeitos radioativos, por sua vez, correspondem aos materiais resultantes de atividades humanas que contenham radionuclídeos, em quantidades superiores aos limites de isenção especificados de acordo com norma da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CNEN -, e que sejam de reutilização imprópria ou não prevista. Os resíduos especiais caracterizam aqueles provenientes do meio urbano e rural que, pelo seu volume ou por suas propriedades intrínsecas, exigem sistemas especiais para acondicionamento, armazenamento e destinação final, de forma a evitar danos ao meio ambiente.

3.3. Características

Os resíduos sólidos possuem características quali-quantitativas que podem variar em função de aspectos, sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, os mesmos fatores que também diferenciam as comunidades entre si, (CASTILHOS JUNIOR et al 2003).

As características dos RSU são influenciadas por vários fatores como: número de habitantes, poder aquisitivo, nível educacional, hábitos e costumes da população, condições climáticas e sazonais. Mudanças na política econômica do país também são causas que influenciam na composição dos resíduos sólidos de uma comunidade (JARDIM et al,1995 apud OLIVEIRA 1999).

DIAS (2002), em seu artigo afirma que o processo de caracterização é um desafio para o pesquisador/gerenciador, vários entraves e fatores externos não-controlados influenciam nas características e conseqüentemente na quantificação dos resíduos. Daí a necessidade de adequação de metodologia ao meio onde esta irá ser aplicada, ou seja torna-se por vezes incoerente e custoso a aplicação de uma metodologia única seguida “à risca” pelo avaliador.

Por isto que, segundo GOME (1989) apud OLIVEIRA (1999), os resultados obtidos na caracterização dos RSU de um município, poderão ser comparados com os de outro local, ou até mesmo servirem como base para comunidades onde ainda não se tenha realizado esta caracterização, sendo que a utilização da composição física dos resíduos de outra cidade, só é válida quando as populações, e os próprios municípios, possuírem características muito semelhantes. A seguir são apresentados exemplos relativos as categorias de resíduos sólidos urbanos, segundo PESSIN, et al. (2002) apud JUNIOR (2003).

- Matéria orgânica putrescível: Restos alimentares, flores, podas de árvores.
- Plástico: Sacos, sacolas, embalagens de refrigerantes, água e leite, recipientes de produtos de limpeza, esponjas, isopor, utensílios de cozinha, látex, sacos de rafia.
- Papel e Papelão: Caixas, revistas, jornais, cartões, papel, pratos, cadernos, livros, pastas.
- Vidro: Copo, garrafas de bebida, pratos, espelhos, embalagens de produtos de limpeza, embalagens de produtos alimentícios.
- Metal ferroso: Palha de aço, alfinetes, agulhas, embalagens de produtos alimentícios.
- Metal não-ferroso: Latas de bebidas, restos de cobre, restos de chumbo, fiação elétrica.
- Madeira: Caixa, tábuas, palitos de fósforo, palitos de picolé, tampas, móveis, lenha.
- Panos, trapos, couro e borracha: Roupas, panos de limpeza, pedaços de tecido, bolsas, tecidos, sapatos, tapetes, luvas, cintos, balões.
- Contaminante químico: Pilhas, medicamentos, lâmpadas, inseticidas, raticidas, colas em geral, cosméticos, vidro de esmaltes, embalagens de produtos químicos, latas de óleo de motor, latas com tintas, embalagens pressurizadas, canetas com carga, papel-carbono, filme fotográfico.
- Contaminante biológico: Papel higiênico, cotonetes, algodão, curativos, gases e panos com sangue, fraldas descartáveis, absorventes higiênicos, seringas, lâminas de barbear, cabelos, pêlos, embalagens de anestésicos, luvas.
- Pedra, terra e cerâmica: Vasos de flores, pratos, restos de construção, terra, tijolos, cascalho, pedras decorativas.
- Diversos: Velas de cera, restos de sabão e sabonete, carvão, giz, pontas de cigarros, rolhas, cartões créditos, lápis de cera, embalagens longa-vida, embalagens metalizadas, sacos de aspirador de pó, lixas e outros materiais de difícil identificação.

MONTEIRO, (2001) afirma que para caracterizar os resíduos sólidos é necessário a avaliação de cinco parâmetros físicos essenciais (geração per capita, composição gravimétrica, peso específico aparente, teor de umidade e compressibilidade), quatro parâmetros químicos (poder calorífico, potencial hidrogeniônico (pH), composição química, relação carbono/nitrogênio (C:N)) e as características biológicas.

A geração per capita relaciona a quantidade de resíduos urbanos gerada diariamente e o número de habitantes de determinada região. Muitos técnicos consideram de 0,5 a 0,8kg/hab./dia como a faixa de variação média para o Brasil. A composição gravimétrica traduz o percentual de cada componente em relação ao peso total da amostra de lixo analisada (MONTEIRO, 2001).

As composições gravimétricas apresentam diferentes categorias de componentes que podem ser obtidas a partir da composição gravimétrica: matéria orgânica putrescível; plástico; papel e papelão; vidro; metal ferroso; metal não-ferroso; pano, trapo, couro e borracha; madeira; contaminante biológico; contaminante químico; pedra, terra e cerâmica e diversos. Como decorrência dessas categorias é possível definir as tecnologias de acondicionamento, estocagem, transporte, tratamento e disposição final para os resíduos sólidos.(PESSIN et al 2004)

Peso específico aparente é o peso do lixo solto em função do volume ocupado livremente, sem qualquer compactação, expresso em kg/m³. Sua determinação é fundamental para o dimensionamento de equipamentos e instalações. Na ausência de dados mais precisos, podem-se utilizar os valores de 230kg/m³ para o peso específico do lixo domiciliar, de 280kg/m³ para o peso específico dos resíduos de serviços de saúde e de 1.300kg/m³ para o peso específico de entulho de obras. (MONTEIRO, 2001).

Teor de umidade representa a quantidade de água presente no lixo, medida em percentual do seu peso. Este parâmetro se altera em função das estações do ano e da incidência de chuvas, podendo-se estimar um teor de umidade variando em torno de 40 a 60%.(MONTEIRO, 2001).

Compressividade é o grau de compactação ou a redução do volume que uma massa de lixo pode sofrer quando compactada. Submetido a uma pressão de 4kg/cm², o volume do lixo pode ser reduzido de um terço (1/3) a um quarto (1/4) do seu volume original. (MONTEIRO, 2001).

Os RSU de origem domiciliar e comercial, normalmente dispostos em aterros, têm em média na composição gravimétrica: matéria orgânica putrescível, metais ferrosos, metais não ferrosos, papel, papelão, plásticos, trapos, vidro, borracha, couro, madeira, entre outros, (JUNIOR et al 2003).

Tabela 1 - Composição gravimétrica do lixo em alguns países (%).

Composto	Brasil	Alemanha	Holanda	EUA
Mat. Orgânica	65,00	61,20	50,30	35,60
Vidro	3,00	10,40	14,50	8,20
Metal	4,00	3,80	6,70	8,70
Plástico	3,00	5,80	6,00	6,50
Papel	25,00	18,80	22,50	41,00

Fonte: Monteiro, 2001

Para MONTEIRO, (2001), as características químicas podem ser separadas e definidas como:

- Poder calorífico: é característica química indica a capacidade potencial de um material desprender determinada quantidade de calor quando submetido à queima. O poder calorífico médio do lixo domiciliar se situa na faixa de 5.000kcal/kg.
- Potencial de Hidrogenionico (pH): indica o teor de acidez ou alcalinidade dos resíduos. Em geral, situa-se na faixa de 5 a 7.
- Composição Química: consiste na determinação dos teores de cinzas, matéria orgânica, carbono, nitrogênio, potássio, cálcio, fósforo, resíduo mineral total, resíduo mineral solúvel e gorduras.
- A relação carbono/nitrogênio indica o grau de decomposição da matéria orgânica do lixo nos processos de tratamento/disposição final. Em geral, essa relação encontra-se na ordem de 35/1 a 20/1.

Biologicamente os resíduos sólidos são caracterizados pela determinação da população microbiana e dos agentes patogênicos presentes no lixo que, ao lado das suas características químicas, permitem que sejam selecionados os métodos de tratamento e disposição final mais adequados, (MONTEIRO, 2001).

4. Sistemas de Limpeza Urbana: Acondicionamento, Coleta e Transporte

Segundo CHENNA (2000) apud PAULETTO (2010) a limpeza urbana, é uma ação do saneamento, interfere no controle do meio

ambiente, e, portanto, da saúde do homem, e com isso requer planejamento e técnicas adequadas a cada realidade.

“Os serviços de limpeza pública constam de diversas atividades, compreendendo desde o acondicionamento dos resíduos, nas edificações, até a disposição final dos mesmos” (MOTA, 1997). O autor classifica, portanto os serviços de limpeza urbana como:

- Limpeza de logradouros públicos (varrição, capina e serviços diversos);
- Acondicionamento dos resíduos;
- Coleta e transporte dos resíduos;
- Tratamento e disposição final dos resíduos (aterros sanitários, compostagem, incineração, etc.);
- Serviços de apoio: administração, planejamento, informática, oficinas, assistência social, de saúde, de comunicação e educação ambiental.

A seguir serão abordados as definições de acondicionamento, coleta, transporte e tratamento.

4.1. Acondicionamento

Para CANASSA (1992) apud VIEIRA (1999), o acondicionamento constitui a primeira etapa do processo de remoção dos resíduos sólidos. Nesta são utilizados diversos recipientes para armazenamento, tais como: vasilhas domiciliares, tambores, sacos plásticos, sacos de papel, contêiner comuns, contêineres basculantes e outros, sendo os sacos plásticos os mais comumente utilizados.

Embora o acondicionamento seja uma responsabilidade do gerador, a administração municipal deve promover regulamentação, educação e fiscalização, incluindo os estabelecimentos de saúde, visando assegurar condições sanitárias e operacionais adequadas, (IPT, 1995).

4.2. Coleta

Segundo a NBR 12980 a coleta de resíduos corresponde à remoção de lixo domiciliar, resíduos de varrição, de feiras, praias, resíduos de serviços de saúde.

Para VIEIRA (1999), a operação de coleta visa recolher todos os resíduos sólidos gerados pela comunidade de forma organizada, segura e econômica, depositá-lo em locais de tratamento, em estações de transferência, ou encaminhá-los para a disposição final.

A coleta dos resíduos sólidos é um processo de engloba desde a saída do veículo, o roteiro de coleta até a estação de transbordo ou de transferência (VIEIRA, 1999). Esta pode ainda ser de várias formas, conforme determina a NBR 12980, a coleta de resíduos domiciliares pode ser do tipo convencional, seletiva e especial.

Segundo a COMCAP (2009) o sistema de coleta comum ou convencional é o recolhimento dos resíduos sólidos misturados, obedecendo a um roteiro regular para recolhimento nos domicílios, e que deve seguir dias e horários pré-estabelecidos.

A NBR 12980, que trata da Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos, traz a coleta convencional como:

Coleta regular dos resíduos domiciliares, formados por resíduos gerados em residências, estabelecimentos comerciais, industriais, públicos e de prestação de serviços, cujos volumes e características sejam compatíveis com a legislação municipal vigente. (NBR 12980)

O processo que envolve a recuperação de resíduos recicláveis presentes no lixo se inicia com a coleta seletiva. Para a coleta seletiva pode ser definida como sendo:

A etapa de coleta dos materiais presentes nos resíduos sólidos urbanos, após sua separação na própria fonte geradora, seguindo de seu acondicionamento e apresentação para coleta em dias e horários previamente determinados, ou mediante entrega em posto de coleta voluntária, em postos de troca a catadores, sucateiros ou entidade beneficentes, (BRINGHENTI, 2004).

Resíduos oriundos do sistema domiciliar de produção de resíduos, com grande volume ou peso como móveis, eletrodomésticos, restos de animais mortos, podem ser prejudicial ao sistema de coleta convencional e, portanto são atendidos pela coleta especial. A NBR 12980 define coleta especial como:

Coleta destinada a remover e transportar resíduos especiais não recolhidos pela coleta regular, em virtude de suas características próprias, tais como: origem, volume, peso e quantidade. Enquadram-se neste caso: móveis velhos; monturos; restos de limpeza e de podaço de canteiros, praças e jardins; entulhos; animais mortos de pequeno, médio e grande porte e similares. (NBR 12980)

Segundo FUNASA (2006) apud PAULETTO (2010), a coleta e o transporte de resíduos sólidos devem atender os seguintes requisitos:

- A universalidade do serviço prestado;
- Regularidade da coleta (periodicidade, frequência e horário).
- Periodicidade: os resíduos sólidos devem ser recolhidos em períodos regulares. A irregularidade faz com que a coleta deixe de ter sentido sob o ponto de vista sanitário e passe a desestimular a dona-de-casa;
- Frequência: consiste no intervalo entre uma coleta e a seguinte, sendo que este deve ser o mais curto possível. Em nosso clima, é aconselhada coleta diária, sendo aceitável fazê-la em dias alternados; a frequência de coleta dependerá dos parâmetros estabelecidos para a execução e disponibilidade de equipamento.
- Horário: usualmente a coleta é feita durante o dia. No entanto, a coleta noturna se mostra mais viável em áreas comerciais e outros locais de intenso tráfego de pessoas e de veículos.

4.3. Transporte

Transporte de resíduos sólidos é o ato de transportar resíduos sólidos dos domicílios, escritórios, agências governamentais, instituições e indústrias para estações de transferência ou para locais de destino final, (SCDHE, 1993)

Segundo COMCAP (2009) defini-se como transporte de resíduos sólidos a movimentação de resíduos entre os domicílios e o destino final por meio de veículos coletores como caminhões com carrocerias compactadoras que aumentam a capacidade de transporte, conferem facilidades para carga e descarga e garantem segurança sanitária do sistema.

A NBR 13221/94 da ABNT define como transporte de resíduos, toda movimentação de resíduos para fora das instalações do gerador ou do sistema localizado em área externa do gerador, que trata, transfere, armazena ou dispõe os resíduos.

Normalmente os veículos utilizados na coleta dos RSU são caminhões com carrocerias sem compactação e/ou com carrocerias compactadoras. Segundo MOTA (1997) são utilizados os seguintes equipamentos:

- Reboque puxado por trator: indicado para a coleta de lixo em cidades pequenas;

- Caminhão basculante convencional (sem compactação): utilizado para remoção de grandes volumes, de material oriundo de raspagem, capinação e de entulhos, etc. Na coleta domiciliar ocorre uma desvantagem do lixo poder ser espalhado pela ação do vento, e também requisita algum esforço físico dos garis na manipulação do lixo devido a altura das caçambas;
- Caminhão tipo “baú” ou Prefeitura: dispõe de caçamba basculante, com cobertura; veículo próprio para coleta de lixo, indicado para pequenos e médios núcleos urbanos ou para periferias de grandes cidades;
- Caminhão com compactador: realiza a compactação dos resíduos, tendo, assim, maior capacidade de transportar resíduos; indicados para coleta em áreas de maior densidade populacional; facilitam o serviço dos coletores (garis) devido a baixa altura da caçamba, o que aumenta a produtividade do trabalho; possuem a desvantagem do alto preço de aquisição e sua manutenção é mais complicada.

Para municípios que fazem uso de estações de transferência, segundo VIEIRA (1999), a etapa de transporte, passa por duas fases: das rotas de coletas até a estação de transferência e, desta, até o seu destino final.

5. Estação de Transferência no Contexto da Limpeza Urbana

5.1. Histórico

Segundo COSTA, (1998) as primeiras estações de transferência ou rampas de transbordo (como eram conhecidas) foram construídas na década de 50, no Rio de Janeiro. Eram pequenas rampas nas quais os caminhões de coleta subiam de ré e vazavam seus resíduos diretamente em caminhões maiores ou nos bondes elétricos especiais para transportar o lixo.

Para COSTA (1998) o aumento das distâncias aos aterros sanitários, o aparecimento de modernos caminhões compactadores, que transportavam uma quantidade de lixo três vezes maior que os caminhões tipo baú, fez necessário projetar-se estações de transferência cujas carretas transportassem também uma quantidade de lixo pelo menos três vezes superior às carretas utilizadas na época. Construíram-se então as estações de transferência com compactação, cujo sistema se

resumia em transferir os resíduos dos caminhões de coleta para carretas de 50 m³, através de grandes prensas estacionárias. Estas estações eram até então construídas e administradas por empresas públicas.

A partir da década de 80, as empresas públicas brasileiras responsáveis por estações de transferência buscaram a terceirização de suas operações, seguindo a tendência de países como os Estados Unidos, e a substituição gradativa do sistema com compactação pelo sistema sem compactação, visando a reduzir os custos de manutenção e operação, diferentemente do que vem ocorrendo em países desenvolvidos como relata CARLETON (2004) apud COSTA (1998).

Em seu estudo COSTA (1998) afirma que partir de meados dos anos 90, para reduzir a formação de filas de espera dos veículos coletores, reduzir custos e melhorar o aspecto estético das estações, começou-se a preferir a utilização de carretas abertas, sem compactação, com capacidade para 21 toneladas de resíduos, por apresentarem menores custos de investimento e manutenção. Além disso os projetos começaram a prever fossos de acumulação temporária de resíduos e utilização de pás mecânicas para auxiliar a transferência, para possibilitar a esse tipo de estação a volta rápida do coletor para o setor de coleta.

Conforme levantamento realizado por COSTA (1998), até o ano de realização da pesquisa, estavam em funcionamento no Brasil dezesseis estações de transferência de resíduos sólidos domiciliares, além de seis estações que se encontravam desativadas devido, principalmente, à localização e às condições de operação não serem adequadas. Tais estações de transferência possuem as seguintes características:

- Estão localizadas em municípios com mais de um milhão de habitantes e nas regiões mais desenvolvidas do país.
- A maioria funciona 24 horas por dia, aproveitando o máximo de tempo disponível para a transferência. No entanto, em zona residencial o horário noturno produz transtorno para a vizinhança.
- Apenas em uma estação de transferência, à distância de transporte (ida e volta é menor que 40 km, as distâncias de transporte de mais da metade das estações variam de 41 a 80 km e somente em uma estação à distância percorrida pelos veículos de transferência é superior a 81 km.
- O tempo gasto no percurso de ida e volta da estação de transferência ao aterro sanitário, para a maioria das estações, varia entre 60 e 90 min.

- As estações de transferência brasileiras não incorporam a reciclagem ou a recuperação de resíduos à sua operação, não são construções enclausuradas e nem realizam compactação. As estações de transferência que realizam outras operações em suas dependências além da transferência de resíduos, de acordo com King (2003) apud COSTA (1998), são chamadas estações de transferência “verdes”, que é a mais forte tendência mundial.
- A capacidade de carga dos veículos de transferência é adequada à capacidade de carga dos coletores empregados, pois a relação número de coletores por veículos de transferência é superior a 1:2. Gerando uma redução no número de veículos, na rota de transporte, na faixa de 55 a 73%.
- Apenas duas estações de transferência executam o manejo dos resíduos ao ar livre, o que é absolutamente inadequado, pois, em períodos de chuvas, há carreamento dos resíduos e formação de chorume, além de os resíduos ficarem saturados de água, ocasionando aumento nos custos de transporte nesses períodos. Todas as estações de transferência enlonam os veículos na própria estação, antes de seguirem viagem para o aterro sanitário, fato que é extremamente positivo.
- Realizam o controle da operação de transferência de resíduos por meio de pesagem dos veículos de coleta e transferência em balanças eletrônicas, o que garante uma qualidade mais apurada das informações sobre o fluxo de carga.

Segundo COSTA (1998) o sistema de transferência adotado no país evoluiu muito desde a sua implantação. Não obstante, ainda precisa ser aprimorado para tornar-se adequado à realidade dos municípios brasileiros.

5.2. Conceitos, Tipos e Normas

Com o intuito de garantir a qualidade de vida urbana, faz-se necessária a remoção dos resíduos para locais geralmente distantes das áreas residenciais e comerciais. Isto acaba impactando diretamente nos custos da limpeza pública associados ao transporte de resíduos. (COSTA, 1998)

Segundo COSTA, (1998) as estações de transferência de resíduos sólidos domiciliares (Figura 1), são instalações que possibilitam a remoção ou transbordo dos resíduos sólidos domiciliares recolhidos por veículos ou equipamentos de coleta relativamente pequenos para outros

meios de transporte de maior capacidade de carga, capaz de transportar o resíduo por longas distancias para centrais de reciclagem de material ou para locais de processamento ou disposição de resíduos, com reduzida utilização de mão-de-obra. (COSTA, 1998).



Figura 1 – Exemplo de ETRS

As estações de transferência ou transbordo são locais onde os veículos coletores transferem os resíduos coletados aos veículos transportadores. Esses locais devem ser escolhidos criteriosamente de forma a evitar problemas de ordem social, econômica e ambiental, (VIEIRA, 1999).

Uma estação de transferência de resíduos é uma instalação tipo industrial onde os caminhões de coleta de lixo descarregam suas cargas para que o lixo possa ser compactado e, em seguida, recarregado em veículos de maiores dimensões (por exemplo, caminhões, trens e barcas) para serem transferidos para o local de disposição final, geralmente um aterro sanitário. Estações de Transferência podem servir a comunidades rurais e urbanas. Em áreas densamente povoadas, geralmente são totalmente fechadas. (EPA, 2002)

Segundo JUNIOR (1996) apud VIEIRA (1999), a localização da estação de transferência, deve obedecer aos seguintes itens: mais

próxima possível da área a ser coletada; posição estratégica em relação às vias de transporte; construção em local que possibilite o mínimo de objeção da comunidade; viabilidade econômica de operacionalização; possibilidades de adoção de soluções conjuntas, agrupando comunidades, no que concerne à disposição final dos resíduos sólidos.

Além destas preocupações, a administração de serviços públicos deverá atender condições de estética, segurança e higiene para a instalação e operação das estações de transferência, (VIEIRA, 1999).

É importante ressaltar que para um bom funcionamento de uma estação de transbordo, os resíduos que nela chegam devem ser compatíveis com as características da estação. Para a EPA (2002), alguns tipos de resíduos geralmente não são aceitos nas estações de transferência como: grandes objetos volumosos, como troncos de árvores, colchões, ou móveis; resíduos hospitalares infecciosos, resíduos perigosos, explosivos, materiais radioativos; Tanques de combustível (mesmo vazios); animais mortos, amianto, líquidos e lamas. Vale lembrar que isto não é uma regra, com as tecnologias disponíveis no mercado é possível que algumas estações de transferência possam ser configuradas para o tratamento destes resíduos, embora outras podem ter uma longa lista de materiais inaceitáveis.

Via de regra a implantação de estações de transferência se faz necessária quando distância entre o centro de massa de coleta e o aterro sanitário é superior a 25km. Em grandes cidades, onde as condições de tráfego rodoviário tornam extremamente lento os deslocamentos é possível encontrar estações implantadas em locais cuja distância ao aterro sanitário é inferior a 20km. (MONTEIRO, 2001)

O espaço físico de uma estação de transferência deve ser pensado baseado nos seguintes fatores, (EPA, 2002):

- Disponibilidade de transferência, de reboques, contentores intermodais, e quão rápido estes podem ser carregados.
- Aumento esperado na tonelage entregue durante a vida útil da instalação. Por exemplo, para uma região com crescimento populacional anual de 3 a 4 por cento, uma instalação seria projetada para cerca de o dobro da capacidade que ele usaria em seu primeiro ano de operação.
- A relação com outras estações existentes e propostas de gestão de resíduos sólidos, como aterros sanitários e instalações de reciclagem.
- Definição da área de serviço.

- A quantidade de resíduos gerados na área de serviço, incluindo alterações previstas, como o crescimento populacional e programas de reciclagem.
- Os tipos de veículos de entrega de resíduos (como o carro ou caminhonete contra um caminhão especialmente projetado).
- Os tipos de materiais a serem transferidos (ex, compactação versus RSU soltas, resíduos verdes, etc.), incluindo variações sazonais.
- Padrões de chegada diária e horária de resíduos. Chegadas por hora tendem a se agrupar no meio do dia, com picos típicos, um pouco antes e depois do almoço. Essas chegadas de pico tendem a ditar o desenho de uma instalação mais que a média chegadas diárias.

De acordo com suas características construtivas, estrutura operacional e forma de funcionamento as estações de transbordo podem ser dos tipos, (MONTEIRO, 2001):

- Transbordo Direto: muito empregadas no passado, contam com um desnível entre os pavimentos, para que os caminhões de coleta, posicionados em uma cota mais elevada, façam a descarga do lixo do caminhão diretamente no veículo de transferência. Por não contarem com um local para armazenamento do lixo essas estações necessitam de uma frota maior de veículos de transferência para assegurar que os caminhões de coleta não fiquem retidos nas estações aguardando para efetuar a descarga dos resíduos.
- Estações com Armazenamento: na maioria das cidades os roteiros de coleta de lixo domiciliar são sempre iniciados em um mesmo horário, sendo provável que os veículos terminem seus roteiros e cheguem à estação de transferência em um mesmo intervalo de tempo. Esta chegada simultânea de veículos torna imprescindível que a estação conte com um local para o armazenamento dos resíduos para absorver os chamados “picos” de vazamento. Este local de armazenamento além de absorver os “picos” de vazamento permite a operação do sistema com um número menor de veículos e equipamentos.
- Estações com compactação: têm como principal objetivo obter o aumento da massa específica dos resíduos visando à redução das despesas com transporte. O modelo mais tradicional conta com silo de armazenamento e desnível entre os pavimentos de carga e descarga. Um sistema hidráulico instalado no silo compacta os resíduos no interior dos veículos de transferência.
- Estações sem compactação: alguns projetos utilizam silos de armazenamento para recebimento dos resíduos transportados pelos

veículos de coleta. Um equipamento do tipo escavadeira hidráulica retira os resíduos dos silos e faz o carregamento dos veículos de transferência. Este modelo é o mais apropriado para estações que movimentem até 1.000 t/dia. Sua adoção para unidades de maior porte poderá onerar demasiadamente as obras civis.

- Estações Marítimas: podem funcionar como as demais, entretanto o transbordo é realizado para embarcações.

5.3. Locação de Estações de Transferência

Segundo COSTA (1998), para viabilização de estações de transferência deve-se compor uma base de dados que possa caracterizar por completo toda a estrutura organizacional e operacional do sistema de coleta de resíduos domiciliares. Devem fazer parte da base de dados as seguintes informações: mapas digitais da cidade; população atual e dos últimos dez anos; densidade demográfica; localização da garagem e dos setores de coleta; localização e capacidade do local de destino dos resíduos; método de destino usado; número de componentes e jornada de trabalho da guarnição; costumes da população; zoneamento, topografia, tipos de calçamento e principais vias da região; horários e frequência das coletas; quantidade, tipo e capacidade dos veículos coletores; distância e tempo gastos na coleta; capacidade máxima de transporte permitida por lei; meios de transporte que poderão ser utilizados; planilha de custos do transporte direto.

A quantidade de resíduos coletada pode ser obtida com base em dados já existentes fornecidos pelo setor responsável da Prefeitura Municipal ou empregando-se métodos estimativos baseados na expectativa de crescimento populacional, na produção per capita de resíduos sólidos e no crescimento da demanda dos serviços de limpeza urbana. Outra forma de obter essa informação é por meio de levantamentos de campo. Estes podem adotar diferentes procedimentos, como, a seleção de domicílios por classes sócio-econômicas e a subsequente pesagem das quantidades coletadas ou a seleção de áreas de coleta representativas, obtendo-se a carga transportada por cada veículo coletor em cada viagem realizada ou ainda medindo-se por cubagem os resíduos coletados a cada viagem. Em qualquer uma dessas alternativas deve-se estabelecer o período de amostragem e a época do ano em que será efetuada e realizar o tratamento estatístico cabível dos dados obtidos. (JUNIOR, 2003)

COSTA (1998) em seu estudo afirma que a etapa subsequente no planejamento de estações de transbordo é a de previsão de população e

de geração de resíduos para o horizonte de projeto (conforme o autor recomenda-se 10 a 20 anos como vida útil para uma estação de transferência). Segundo COSTA (1998), quando possível, deve-se prever no projeto de uma estação de transferência, módulos que possibilitem expansões ao longo de sua vida útil em função do incremento da produção de resíduos. O dimensionamento se dá através da aplicação de expressões específicas para tal, conforme será apresentado no item 5.4.

Segundo EPA (2002) os critérios para seleção de áreas potenciais devem ser baseados em duas vertentes: O primeiro critério é critério subjetivo e político que envolve a participação social, através dos representantes dos interesses da população – líderes comunitários, representantes de empresas, organizações ambientais, representantes do poder público e instituições acadêmicas. Embora a participação social deva ser de suma importância na escolha dessas áreas, em virtude da complexidade para realização de um estudo como esse o presente trabalho fundamentará a escolha das áreas apenas segundo critérios técnicos e objetivos.

Os critérios objetivos devem responder respectivamente a três sub-critérios: exclusão de áreas proibidas, critérios técnicos e critérios operacionais. (EPA, 2002).

Usualmente deverão ser excluídas áreas como: planícies aluviais e regiões costeiras, Áreas de preservação permanente, sítios arqueológicos históricos ou significado cultural, terras agrícolas e parques ou reservas. (EPA, 2002).

Os critérios técnicos deverão fornecer orientações específicas sobre a engenharia, operação e condições de transporte, que deverão ser consideradas para garantir que os locais potenciais serão viáveis, baseados em perspectivas operacionais, ambientais e econômicas. (EPA, 2002).

Segundo a EPA (2002) os critérios técnicos são: localização central às rotas de coleta; o acesso às vias principais de transporte; condições de área interna suficiente para estradas no local, filas e estacionamento; compatibilidade do tráfego local com os veículos; capacidade para expansão; espaço para a reciclagem, compostagem e educação ambiental pública; Terrenos de topografia levemente inclinada; acesso aos serviços públicos; zoneamento municipal.

Os impactos que a instalação terá na comunidade envolvida, é a terceira categoria de critérios a serem considerados:

- Considerações ambientais legais e medidas mitigadoras;

- Impacto na qualidade do ar;
- Impacto sobre a infra-estrutura local;
- Proximidade de escolas, igrejas, locais de lazer e residências;
- Ventos predominantes;
- Número de residências afetadas;
- Presença de amortecedores naturais;
- Impactos sobre as empresas existentes;
- Capacidade de expansão
- Compatibilidade de Tráfego;
- Impacto nas características históricas e culturais;
- Impacto sobre o caráter da vizinhança;

Segundo COSTA (1998) a determinação de locais (terrenos) mais adequados à implantação de estações de transferência, deve ser subdividida nas seguintes etapas:

- Seleção de critérios, considerando: geração regional de resíduos, restrições ambientais, urbanas e sociais; o uso e a ocupação do solo; a malha viária existente; a área necessária para a instalação; os tempos e as distâncias de remoção dos resíduos; a densidade populacional e a produção de resíduos.
- Definição da importância relativa de cada critério.
- Aplicação de algum método ou modelo matemático já consagrado na localização de empreendimentos, de forma a maximizar os benefícios da transferência; melhorar a organização desse serviço; contribuir para o bem estar e conforto da população; facilitar a circulação.
- Análise das alternativas resultantes.
- A topografia do local escolhido. Terrenos acidentados facilitam a construção de rampas, já que uma estação normalmente tem dois níveis de operação.
- O tipo de vizinhança da estação influenciará no projeto arquitetônico e no controle de poluição que deverá ser providenciado.
- A economicidade do sistema, pois a maior parcela do custo do transporte indireto é o custo da estação de transferência.

COSTA (1998) afirma que a análise econômica de viabilidade de implantação de estações de transferência para cada unidade determinada nas etapas anteriores é última etapa de escolha. Portanto, o anteprojeto e a localização, no mínimo regional, de cada unidade potencial já devem estar devidamente elaborados.

Nesta etapa, dever-se-á comparar os custos do transporte direto com os custos do transporte indireto, determinando o ponto de equilíbrio entre os dois sistemas. Dever-se-á também verificar a viabilidade financeira do empreendimento, ou seja, verificar se o município é capaz de arcar (por meio de financiamentos ou recursos próprios) com os custos do período de transição, período em que o transporte direto estará sendo executado, a estação estará sendo construída, os equipamentos e os veículos de transferência estarão sendo adquiridos, tudo isso ocorrendo concomitantemente. Se for constatada a inviabilidade econômica do empreendimento, encerra-se a análise. Caso contrário, os resultados deverão ser analisados no que se refere a gastos de capital, interferências no sistema de coleta e transporte, disponibilidade de locais adequados, restrições urbanas e ambientais e, também, custos operacionais. Só então serão selecionadas as alternativas que se mostrarem viáveis economicamente e compatíveis com a realidade local. COSTA (1998).

5.4. Dimensionamento

Segundo EPA (2002), o espaço físico de uma estação de transferência é determinado normalmente com base nos seguintes fatores:

- A definição da área a ser atendida. Algumas vezes isso é relativamente simples, como "todos os resíduos gerados por um determinado município ou região" ou "todos os resíduos recolhidos pela empresa Acme Hauling". Outras vezes, a área servida é mais difícil de definir em razão das diferenças de papéis públicos e privados na gestão de resíduos sólidos.
- A quantidade de resíduos gerados, incluindo aspectos como crescimento populacional e programas de reciclagem.
- Os tipos de veículos utilizados
- Os tipos de resíduos a serem transferidos, incluindo variações sazonais.
- Média de chegada diária e horária de resíduos. Geralmente os picos horários tendem a se aglutinar ao meio dia, antes e depois do almoço.

- A disponibilidade dos veículos de transferência, e quão rápido estes podem ser carregados.
- O crescimento da geração no decorrer dos anos.

São importantes no planejamento do tamanho das estações de transferência, o volume médio atual e futuro de geração de resíduos por dia, assim como o volume de resíduos por semana e anuais (incluindo as variações sazonais). A quantidade máxima de resíduos recebidos é uma consideração crucial. Em geral, o melhor é construir uma instalação para acomodar volumes máximos e fluxos de pico, baseados em volumes de geração atuais. Entretanto mesmo estimando o crescimento populacional e o incremento na produção de resíduos, deve-se prever a possibilidade de expansão da unidade. (EPA, 2002).

A capacidade de projeto é determinada pela distância máxima que os resíduos podem ser economicamente destinados à estação de transferência. A região, eficientemente atendida pela estação de transferência, determina o volume de resíduos que serão gerenciados, ou seja a própria capacidade de projeto inicial da instalação (EPA, 2002)

COSTA (1998) sugere algumas expressões para dimensionamento, conforme Anexo I.

6. Tratamento e Destino Final

“Com o crescimento das cidades, o desafio da limpeza urbana não consiste apenas em remover o lixo de logradouros e edificações, mas, principalmente, em dar um destino final adequado aos resíduos coletados”. (MONTEIRO, 2001).

Uma das últimas etapas do sistema de coleta de resíduos urbanos é o tratamento ou disposição final. É sabido que esta etapa, embora seja a última, é uma das mais importantes, afinal quando dispostos inadequadamente os resíduos tornam-se um passivo ambiental gravíssimo, com conseqüências bem conhecidas da sociedade. Desta etapa depende a manutenção, nas áreas afetadas, da qualidade ambiental do solo, água e ar.

Define-se tratamento como uma série de procedimentos destinados a reduzir a quantidade ou o potencial poluidor dos resíduos sólidos, seja impedindo descarte de lixo em ambiente ou local inadequado, seja transformando-o em material inerte ou biologicamente estável. (MONTEIRO 2001).

Segundo PEREIRA NETO (1996) apud VIEIRA (1999), os resíduos sólidos urbanos, podem ser definidos como uma massa de restos das atividades humanas e considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis, parte dos quais poderiam ainda ser reciclados ou parcialmente utilizados, o que acaba promovendo preservação ambiental e economia de energia, uma vez que reciclar um produto demanda significativamente menor gasto energético do que extraí-la da natureza.

“A redução da quantidade de resíduos passa, necessariamente, por uma mudança de conceitos e hábitos relacionados à produção e ao consumo”. (AZEVEDO, 1997 apud VIEIRA 1999).

Segundo o IPT (1995), o tratamento do lixo se dá de duas maneiras: segregação seja na fonte ou não, dos variados componentes presentes no resíduo objetivando sua reciclagem e reaproveitamento e conseqüente redução do volume a ser aterrado ou incinerados; redução e inertização do resíduo através da incineração, com recuperação da energia e tratamento adequado dos gases.

O primeiro processo pode ocorrer em uma área destinada à instalação de usina de triagem/compostagem, onde os resíduos são separados por triagem manual ou separador magnético. O segundo processo refere-se à instalação, em uma área de uma usina de incineração, a qual é uma instalação especializada, onde se processa a queima controlada do lixo, com a finalidade de transformá-lo em matéria estável e inofensiva à saúde pública e que pode ser feita em forno especialmente projetado para esta finalidade (VIEIRA, 1999).

Muito embora VIEIRA (1999), não mencione a compostagem como uma forma de tratamento BARROS (1995) apud PAULETTO (2010), define a compostagem como um reaproveitamento de rejeitos orgânicos, podendo, portanto ser enquadrado como um processo de reciclagem. Dentre as diversas técnicas de tratamento e disposição final dos resíduos sólidos as mais aplicadas nos sistemas urbanos são: compostagem, valorização, incineração e aterro sanitário.

6.1. Compostagem

A compostagem pode ser definida como um processo biológico de oxidação aeróbia e exotérmica de um substrato orgânico, no estado

sólido, caracterizando-se pela produção de CO₂, vapor de água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável denominada húmus (BERNAL et al., 1998 apud FIALHO, 2007).

De acordo com BARROS (1995) apud PAULETTO (2010) a compostagem é *“a transformação de resíduos orgânicos presentes no lixo, através de processos físicos, químicos e biológicos, em material biogênico mais estável e resistente. O resultado final é o composto, excelente condicionador orgânico dos solos”*.

6.2. Valorização

O termo valorização mais amplo quando comparado ao termo reciclagem, que é comumente utilizado como sinônimos no âmbito dos resíduos. Segundo notas de aula do Professor Doutor Armando Borges Castilhos Jr. a valorização é definida pela recuperação termo este que engloba a coleta, o transporte, a estocagem ou armazenamento, a triagem e o tratamento de certos produtos ou materiais a partir dos resíduos, objetivando o seu Reemprego, sua Reutilização ou sua Reciclagem.

Para Castilhos Jr. Reciclagem: É o processo de reintrodução de um material recuperado no ciclo de produção do qual ele é originário. Desta maneira, pode-se exemplificar através da reciclagem do papel, dos metais ferrosos, do vidro, plásticos, etc. Reemprego: É um novo emprego de um produto ou de um material recuperado, no estado físico em que ele se encontra, para um uso análogo ao seu primeiro emprego. Ex.: embalagens consignadas (garrafas). Reutilização: É a introdução de um material recuperado num outro ciclo de produção que aquele de onde ele é originário. Exemplifica-se através da reutilização de materiais para incorporação de resíduos de vidro em tijolos ou camadas de base para revestimento de estradas.

MONTEIRO (2001) define reciclagem com sendo:

Denomina-se reciclagem a separação de materiais do lixo domiciliar, tais como papéis, plásticos, vidros e metais, com a finalidade de trazê-los de volta à indústria para serem beneficiados. Esses materiais são novamente transformados em produtos comercializáveis no mercado de consumo. (MONTEIRO, 2001).

Para TORRES (2002) apud PAULETO (2010) a prática, da coleta seletiva, traz inúmeros benefícios, entre os quais o autor destaca:

- Redução na quantidade de lixo coletado na coleta convencional, aliviando os impactos ambientais nas áreas de disposição final do lixo;
- Recuperação de diversos tipos de matéria prima, economizando energia;
- Economia de espaço nos aterros sanitários e aterros controlados, aumentando a vida útil dos mesmos;
- Incentivo da participação popular, não se limitando apenas à questão dos resíduos, mas também, em um fortalecimento da relação entre a comunidade e o ambiente como um todo.

6.3. Incineração

Uma usina de incineração, é uma instalação especializada, onde se processa a queima controlada do lixo, com a finalidade de transformá-lo em matéria estável e inofensiva à saúde pública e que pode ser feita em forno especialmente projetado para esta finalidade. (VIEIRA, 1999).

Este processo é indicado para o destino final de resíduos contaminados (de hospitais, por exemplo) ou quando a produção do lixo é muito grande e há dificuldade de se dispor de áreas para a construção de aterros (MOTA, 1997).

Os resíduos sólidos hospitalares, além da incineração, podem ser tratados em esterilização a vapor, desinfecção química, inativação térmica, esterilização por gases, radiações ionizantes e também uso de microondas (IPT 1995).

A desvantagem da incineração está no controle adequado de gases, que pelas fontes diversas de resíduos, produzem efluentes das variadas composições, inclusive gases tóxicos que podem colocar em risco a saúde da população.

6.4. Aterro Sanitário

“Aterro sanitário é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo sem causar danos à saúde pública e à sua segurança, minimizando os impactos ambientais. Este método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada jornada de trabalho, ou a intervalos menor, se for necessário”. (ABNT NBR 8419/1984)

Segundo CONDER (2009), aterro sanitário é uma estrutura projetada para receber e tratar o lixo produzido pelos habitantes de uma cidade, com base em estudos de engenharia, para reduzir ao máximo os impactos causados ao meio ambiente.

O aterro sanitário (Figura 2) é um aprimoramento de uma das técnicas mais antigas utilizadas pelo homem para descarte de seus resíduos, que é o aterramento. Modernamente, é uma obra de engenharia que tem como objetivo acomodar no solo resíduos no menor espaço prático possível, sem causar danos ao meio ambiente ou à saúde pública (CETESB, 1997).

Independente da forma de tratamento o aterro sanitário é essencial para disposição final dos rejeitos, ou seja, resíduos impossibilitados de reaproveitamento, queima ou compostagem. Há de se admitir que a não produção de rejeitos é uma prática de extrema dificuldade, principalmente em uma sociedade que visa o crescimento econômico desenfreado.

O aterro sanitário é um método para disposição final dos resíduos sólidos urbanos, sobre terreno natural, através do seu confinamento em camadas cobertas com material inerte, geralmente solo, segundo normas operacionais específicas, de modo a evitar danos ao meio ambiente, em particular à saúde e à segurança pública. (MONTEIRO, 2001).

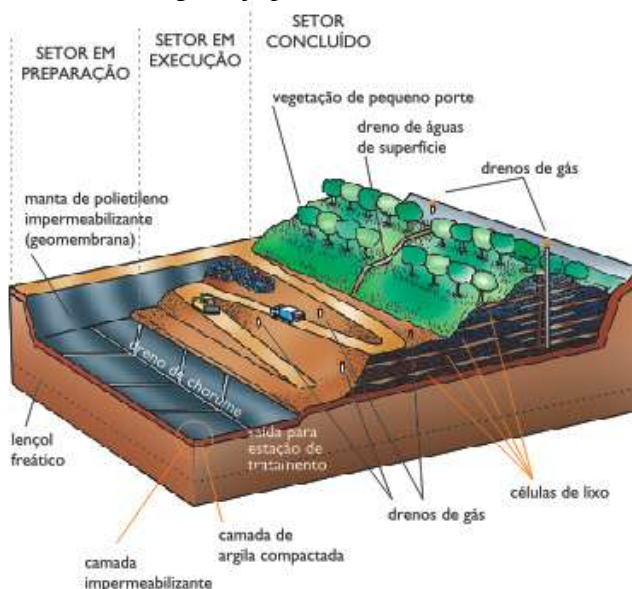


Figura 2 – Aterro Sanitário

Segundo MONTEIRO, (2001) a operação de um aterro sanitário deve ser precedida dos processos de: seleção de áreas, licenciamento, projeto executivo e implantação. O autor cita ainda que um aterro sanitário deve contar necessariamente com unidades operacionais – células de lixo domiciliar; células de lixo hospitalar (caso o Município não disponha de processo mais efetivo para dar destino final a esse tipo de lixo); impermeabilização de fundo (obrigatória) e superior (opcional); sistema de coleta e tratamento dos líquidos percolados (chorume); sistema de coleta e queima (ou beneficiamento) do biogás; sistema de drenagem e afastamento das águas pluviais; sistemas de monitoramento ambiental, topográfico e geotécnico; pátio de estocagem de materiais – e unidades de apoio – cerca e barreira vegetal; estradas de acesso e de serviço; balança rodoviária e sistema de controle de resíduos; guarita de entrada e prédio administrativo; oficina e borracharia.

7. Área de Estudo

Como supracitado o presente trabalho objetiva encontrar qual região municipal onde seria mais adequada a implantação de uma estação de transferência que atenda ao município de Florianópolis.

7.1. Município de Florianópolis

O município de Florianópolis é a capital do Estado de Santa Catarina, localizada na Região Sul do Brasil, e ocupa uma área de 451 km², entre as coordenadas geográficas 27°10' e 27°50' de latitude sul e 48°25' e 48°35' de longitude oeste. Seu território é constituído por uma parte insular, que apresenta área de 426,6 km², e por uma parte continental, com área de 11,9 km². Na Figura 3, observa-se a localização do município dentro do território nacional e estadual (PMF, 2008).



Figura 3 – Localização de Florianópolis

O Município de Florianópolis possui uma superfície total de 451 km², dos quais 97% constituem a parte insular e 3% a parte continental. As áreas de expansão urbana perfazem 51% do território municipal e as áreas de preservação com uso limitado compreendem 7%. O município se destaca pelas suas belezas naturais compostas por 42 praias, dunas, restingas e manguezais, razões pelas quais 42% do seu território está consolidado como área de preservação permanente. (PMF, 2008).

Florianópolis tem como limites territoriais: ao Norte o Oceano Atlântico, ao Sul o Município de Palhoça e o Oceano Atlântico; a Leste o Oceano Atlântico; a Oeste os Municípios de Biguaçu, Governador Celso Ramos, Palhoça e São José e ainda as Baías Norte e Sul, (VIEIRA 1999).

O município de Florianópolis é muito conhecido pelas belezas de seu ambiente natural. Tendo a maior parte de seu território situado em uma ilha denominada Ilha de Santa Catarina, o que lhe confere uma característica peculiar, apresentando a linha de costa bastante recortada, com uma extensão de 176 km, com uma área de 451 Km². Nele encontram-se oficialmente quarenta e duas praias, alguns costões e zonas de manguezais, (PMF, 2008).

A capital do estado caracteriza-se por apresentar amplitudes térmicas anuais moderadas, com um clima agradável pela influência da maritimidade e segundo os critérios de Köppen, a classificação climática é do tipo Cfa, situada em zona intermediária subtropical,

pertencente ao grupo mesotérmico úmido, com chuvas distribuídas uniformemente durante o ano (SANTOS, 1997 apud VIEIRA 1999). O clima da região apresenta chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com a passagem das frentes frias polares, ocasionando bruscas mudanças climáticas em qualquer estação.

HERRMANN (1989) analisou dados de chuva e de ocorrências de alagamentos, cheias e deslizamentos por um período de 25 (vinte e cinco) anos e concluiu que não é necessário índice pluviométrico excepcional para a ocorrência destes fenômenos nas regiões urbanizadas das áreas conurbadas de Florianópolis; isto se deve principalmente à ocupação de áreas ao longo dos canais de drenagem e de banhados, à alteração do curso de rios, canais, ao desmatamento e ocupação de encostas, e à modificação em campos de dunas e restingas.

O município pode ser caracterizado geologicamente por duas formações básicas: os terrenos rochosos, chamados cristalinos, e os terrenos sedimentares, que são uma formação em depósitos recentes. As rochas cristalinas estão no chamado Embasamento Cristalino ou Escudo Catarinense, que ocorre na borda leste do Estado, os quais formam as partes mais elevadas na Ilha de Santa Catarina, sendo representados pelas: (i) Suíte intrusiva Pedras Grandes, que são granitos encontrados por toda a parte continental e formam os maciços que dominam a paisagem na ilha; (ii) Complexo Canguru, são rochas metamórficas encontradas no norte da ilha, no Costão dos Ingleses e no sul na Ponta do Caicanguçu; (iii) formação Cambirela, são rochas vulcânicas e subvulcânicas representadas principalmente pelos maciços rochosos que ocorrem na região da praia do Matadeiro, da Armação e do Pântano do Sul, ocorrendo também em menor escala em diques por diversos locais da ilha; e (iv) formação Serra Geral, são rochas vulcânicas em forma de diques diabásio que preenchem falhas e fraturas nas rochas graníticas por todo o município (PMF, 2008).

Os terrenos sedimentares estão distribuídos na ilha ao longo da planície costeira, nos vales dos principais cursos d'água, ao longo de antigas lagunas ou próximos as encostas. Esta cobertura sedimentar é representada pelos: (i) depósitos marinhos, que são cordões de areia distribuídas ao longo das praias; (ii) depósitos eólicos, que são dunas fixas e móveis compostas de areias; (iii) depósitos lagunares, que apresentam sedimentos resultantes do assoreamento paleolagunas por sedimentos predominantemente areno-argilosos de natureza aluvial e/ou coluvial; (iv) depósitos colúvio-aluvionares, apresentam-se em forma de rampas formadas por sedimentos de diferentes tamanhos de grãos; e (v)

depósitos de mangues, que são formados por sedimentos ricos em matéria orgânica, característicos das regiões de mangue (PMF, 2008).

O município é caracterizado por duas unidades geomorfológicas constituídas pela Serra Litorânea, representada pelos morros cristalinos, e a Planície Costeira, uma extensão de terrenos planos gerados por sedimentação. Além disso, entre as duas unidades predominantes há um processo de acumulação chamada de rampas, que podem ser divididas em rampas colúvio-eluviais, na face oeste da ilha, e rampas de dissipação, na face oeste (PMF, 2008).

A Ilha de Santa Catarina possui ainda um sistema lagunar que incorpora dois ambientes principais: Lagoa da Conceição e Lagoa do Peri. Há, ainda, corpos lacustres menores como as Lagoas do Jacaré, Lagoa da Chica, Lagoinha Pequena, Lagoinha do Leste e Lagoinha de Ponta das Canas. Os principais rios que drenam a ilha são: Rio Vermelho, Rio Ingleses, Rio Tavares, Rio Itacorubi, Rio Saco Grande e Rio Ratones. O entorno da ilha sofre a atuação dos agentes oceanográficos, destacando-se a ação das ondas, marés e correntes litorâneas (HORN FILHO, 2006 apud PMF, 2008).

A rede hidrográfica do município é caracterizada por diversas bacias, rios, canais e córregos, de pequenas extensões e fraca capacidade de vazão, que deságuam diretamente nas baías norte e sul, e no Oceano Atlântico. Destacam-se as bacias hidrográficas: (i) do Rio Ratones; (ii) do Saco Grande; (iii) da Lagoa da Conceição; (iv) do Itacorubi; (v) do Rio Tavares; e (vi) da Lagoa do Peri. No continente, a bacia do Estreito tem suas águas correndo para a baía norte, enquanto que na bacia de Coqueiros parte das águas é drenada para a baía sul (PMF, 2008).

Grande parte dos rios e córregos nas áreas urbanizadas do município se encontra canalizada e/ou retificada, sendo que a maioria está contaminada por dejetos de origem doméstica. A retirada da vegetação nativa, a ocupação irregular, o entulho formado por materiais diversos e lixo, além disso, os desvios para abastecimento e o lançamento de águas servidas transformaram as características originais dos pequenos córregos. Estas alterações no regime natural das águas das bacias hidrográficas têm gerado, sobretudo no verão, a ocorrência de alagamentos com o transbordamento de rios e córregos (PMF, 2008).

A vegetação do município é influenciada pelas diversas flutuações climáticas e oscilações do nível do mar ao longo do Período Terciário e Quaternário, quando as modificações geomorfológicas alteraram sucessões e migrações vegetais, sobretudo sobre a planície costeira. A cobertura vegetal do município de Florianópolis é composta pelas seguintes formações: vegetação litorânea (restinga, vegetação de

ante-dunas, vegetação de dunas móveis e semi-fixas, vegetação de dunas fixas e manguezais), floresta ombrófila densa e vegetação secundária ou reflorestamento (capoeirinha, capoeira, capoeirão), (PMF, 2008).

Florianópolis apresenta um elevado índice de urbanização. De acordo com o censo de 2000, a população do município vivendo em áreas urbanas era de 97%. Esse crescimento acelerado e desordenado se intensificou a partir da década de 70 com implantação de grandes obras viárias e a instalação de sedes de empresas estatais como: Eletrosul, Celesc e Telesc, assim como das universidades públicas UFSC e UDESC. Na década de 80, o turismo passou a adquirir relevância econômica e a constituir outro fator de crescimento da cidade gerando centralidades urbanas nos balneários. Atualmente, Florianópolis tem ocupado um lugar de destaque no cenário nacional como uma das capitais de melhor qualidade de vida, tornando-se, portanto, pólo atrativo de grande número de pessoas que vêm em busca da “cidade ideal” para viver. Para muitos esses fenômenos distribuíram mais desordem do que organização, exigindo múltiplos ajustes, ampliando a demanda por serviços urbanos tais como saneamento básico, educação, saúde, energia, etc. (PMF, 2008).

Segundo PMF (2008), merece destaque a alta atratividade migratória do município, em razão de seus dos serviços de saúde, instituições de ensino superior e concentração do aparelho administrativo estatal. Na última década, por exemplo, a migração foi responsável por mais de 60% do incremento populacional de Florianópolis, tendo origem principalmente do interior de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, seguido do Paraná e São Paulo. Além do processo de migração, é importante salientar a existência da população pendular, que é composta pelo contingente que se desloca diariamente de outro município para trabalhar ou estudar em Florianópolis, fruto da integração econômica na região metropolitana. Porém, ainda há poucos dados referentes a este deslocamento diário, sendo introduzido no próprio Censo Demográfico do IBGE a partir no ano de 2000, com a pesquisa de origem/destino realizada nas aglomerações urbanas brasileiras.

7.2. Histórico do Setor de Resíduos Sólidos de Florianópolis

No Município de Florianópolis, conforme dados do documento elaborado para o Plano Diretor Participativo do Município – Leitura Integrada da Cidade-Volume I (2008) -, até o início do Século XX a população não contava com qualquer infraestrutura sanitária adequada.

Assim sendo, lançava seus dejetos diretamente nas ruas, nos fundos dos quintais, em terrenos baldios, nas praias e ainda utilizava os serviços de transporte de resíduos feitos por escravos denominados “tigres”, os quais foram gradativamente substituídos pelo serviço concessionado de remoção de lixo e materiais fecais, feito em barris ou cubos. As praias eram tidas como locais adequados para receber os dejetos, influenciando, inclusive, no modo como eram dispostas as construções da época, cujos fundos se posicionavam voltados para o mar justamente para permitir o lançamento dos dejetos (PMF, 2008).

Normalmente, segundo PMF (2008), naquela época, as prioridades das autoridades estavam voltadas para questões que ofereciam conforto mais imediato, como: iluminação pública, ajardinamento, calçamento de ruas e outras. As ações ligadas ao saneamento ficavam em plano secundário, sendo que o poder público agia somente em situações de grandes epidemias ou por pressões exercidas pelos meios de comunicação.

Conforme PMF, (2008) até o início do Século XX, a primeira ação importante acerca do manejo dos resíduos sólidos de Florianópolis ocorreu em 1877, quando foram concedidos, por 20 anos, os serviços de remoção de lixo e esgoto. Quase quatro décadas após, entre 1910 e 1914, o município construía o incinerador de lixo no alto do morro onde se instalaria, mais tarde, a cabeceira insular da Ponte Hercílio Luz. Neste período, a preocupação em nível mundial estava voltada para um eficiente sistema de coleta, com o rápido afastamento dos resíduos dos núcleos geradores. Não havia a apropriação da necessidade nem da importância do seu tratamento, sendo procedimento usual a descarga direta em terras consideradas “improdutivas” (depósito de cascalhos, pedreiras, áreas pantanosas, entre outras), ou em locais “adequados” para tais usos (as praias, o mar). Nesse contexto, a incineração do lixo da cidade se constituiu em solução bastante avançada para os padrões da época.

Em 1956, o incinerador foi desativado e os resíduos sólidos passaram a ser depositados no mangue de Itacorubi. Na época, não se tinha ciência da importância ambiental daquele ecossistema. Além de o local não ser apropriado para tal fim, a disposição dos resíduos também era feita de forma inadequada. Não havia impermeabilização do solo, drenagem do chorume e dos gases, contribuindo assim para a degradação do manguezal (PMF, 2008).

Em 1º de dezembro de 1976, a COMCAP assumiu a atribuição de cuidar da coleta de lixo da cidade, já que fora dispensada a empresa carioca Sanenge, contratada no ano anterior para recolher os resíduos,

além de assumir a responsabilidade pelos serviços de varrição de ruas, capinação, remoção e limpeza de valas a céu aberto (COMCAP, 2010).

No ano de 1990, o “lixão” do Itacorubi foi definitivamente desativado. Com a utilização de serviço terceirizado, os resíduos sólidos passaram a ser depositados em aterro sanitário construído no Município de Paulo Lopes, que logo em seguida foi embargado. Por conta do mesmo serviço contratado, um novo aterro sanitário foi executado no Município de Biguaçu, para onde, até hoje, são destinados os resíduos sólidos da cidade, juntamente com os hospitalares, que são autoclavados antes de ser enterrados, podendo ainda ser dispostos em valas sépticas de codisposição (PMF, 2008).

Em 1999, considerando o crescimento médio anual de 7% na produção do lixo de Florianópolis, houve necessidade de adequar o sistema de coleta de resíduos da cidade. Além de tornar mais eficiente o recolhimento de porta em porta, a COMCAP se empenhou em adequar também às diversas etapas que compõem a transferência do lixo ao seu destino final, sendo construído, onde havia funcionado o antigo aterro sanitário da cidade, o Centro de Transferência de Resíduos Sólidos de Florianópolis (CETRES) em Itacorubi, inaugurado no dia 5 de junho de 2000 (COMCAP, 2010).

7.2.1. Centro de Transferência de Resíduos Sólidos de Florianópolis (CETRES)

Segundo COMCAP (2010) no local onde funcionou o antigo aterro sanitário da cidade, no bairro Itacorubi, foi construída a nova Estação de Transbordo do lixo recolhido na cidade, que inclui um galpão onde é feita a descarga para transferência do lixo domiciliar ao destino final com 600 metros quadrados de área construída e capacidade de operacionalizar 450 toneladas por dia.

O conceito da nova estrutura incluiu sistema de lavagem constante e de tratamento da água utilizada, amenizando efeitos indesejados do processo de transferência do lixo, como o mau cheiro e proliferação de vetores (COMCAP, 2010).

Também foi realizada a ampliação do Centro de Triagem de Materiais Recicláveis, com a construção de galpão com capacidade para a separação de 400 toneladas de lixo seletivo por mês. E, a implantação de um Centro de Treinamento e Educação Ambiental, em prédio com 200 metros quadrados, composto de vestiário, refeitório e sala para

atendimento de escolares, comunidade e pessoal envolvido com o meio ambiente (COMCAP, 2010).

7.3. Caracterização Dos Resíduos Sólidos De Florianópolis

7.3.1. Características Qualitativas

7.3.1.1. Composição Física

Para caracterização da geração dos resíduos sólidos urbanos no Município de Florianópolis utilizou-se como base um estudo realizado pela COMCAP por meio de parcerias com o Centro Federal de Educação Tecnológica de Santa Catarina (CEFET) e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O mesmo estudo fora utilizado para confecção e composição do Plano Municipal de Saneamento Básico de Florianópolis.

Segundo COMCAP (2002) 46% em peso do resíduo sólido urbano disposto no aterro de Biguaçu é fração orgânica, passível de ser tratada pelo processo de compostagem. Dos resíduos recolhidos e enviados ao aterro sanitário 38% tem potencial para serem reciclados. O estudo da COMCAP ainda conclui que cerca de 84% dos resíduos recolhidos em Florianópolis teriam potencial de reciclagem (orgânicos + recicláveis), restando apenas 16% de RSU gerados na cidade precisariam ser aterradas, ou seja considerados rejeitos. Em 2002, ano de realização da pesquisa, papel higiênico e fraldas, representavam 8,87% em peso na composição do RSU. Devido principalmente ao aumento da quantidade de plásticos na composição dos resíduos, a densidade aparente diminuiu 53% em comparação a uma ultima pesquisa realizada em 1988, também pela COMCAP.

A matéria orgânica, encontrada disposta em aterros, em meios anaeróbios, gera líquidos e gases ácidos, que juntamente com a água que percola pelo aterro carrega compostos tóxicos, como metais pesados, presentes em embalagens plásticas, papeis, pilhas, e etc. Esse percolado quando não tratado, pode facilmente contaminar águas superficiais e subterrâneas, proporcionar a proliferação de vetores de doenças e mau odor. Em virtude disso a grande quantidade de resíduo orgânico que ainda vem sendo recolhido de forma misturada pela coleta convencional é uma das responsáveis pela ocorrência dos principais impactos ambientais a serem minimizados no aterro sanitário além de comprometerem a vida útil destes. (COMCAP, 2002)

Ainda segundo o mesmo estudo da COMCAP os plásticos, representam a segunda parcela mais significativa, ou seja, 14,92 % dos resíduos destinados ao aterro sanitário. Os plásticos representam embalagens, como sacolas, garrafas de refrigerante, etc. Dentre os tipos de plásticos destacam-se entre os moles, o PEAD (sacolas plásticas), que representa 38,27 % do total de plásticos, e o PEBD (embalagens de produtos alimentícios), que representa 17,92 %. Entre os plásticos duros destacam-se o PET (embalagem de refrigerante), que representa 9,66 %, do total de plásticos e o PEAD (embalagens de produtos de limpeza), que representa 5,75%.

A Tabela 2 apresenta uma listagem de distribuição percentual dos resíduos de Florianópolis, ao longo do ano de 2001, nele é possível observar disparidade entre o percentual em massa de orgânicos e plásticos, perante os outros materiais.

Tabela 2 – Média mensal dos componentes em porcentagem de massa, referente ao ano de 2001.

Componentes	%											
	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
Orgânico	44	48	49	51	48	45	47	45	45	43	46	46
Plástico Duro	6	4,2	4,3	3,7	4,2	4,9	3,9	4,8	6,2	5,9	5,6	6,4
Plástico Mole	8,3	8,9	9,9	9,5	9,5	9,9	10	10	10	12	9,9	11
Papel	8,5	9,4	13	10	11	13	12	12	8,9	12	12	10
Sanitários	1,1	11	8	13	11	10	9,5	7,2	9,1	7,6	10	7,7
Vidro	4,2	4,3	4	4,3	5,2	3,6	3,5	3,6	4	4,4	2,7	5,6
Papelão	4,8	2,1	3,1	1,5	3,1	2,6	3,4	3,7	3,5	4,5	3,2	4,2
Têxteis e Couro	3,3	4,1	2,9	2,8	3,4	2,4	2,8	6,3	5,8	3,4	4,4	2,3
Ferro	2,7	2,7	1,8	1,8	1,8	2,3	1,2	1,9	2,3	2,4	1,6	1,5
Tóxicos	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	1,1	0,3	0,2	0,2	0,2	1
Multicamada	1,1	1	0,9	0,9	1,1	1,2	1,2	0,8	0,6	0,9	0,8	0,9
Inertes	0,4	1,8	0,5	0,4	0,7	2,3	0,7	1	0,8	0	0,1	0,8
Outros	13	0,8	0,6	0,5	0,4	1,1	0,9	1,7	1	0,7	1,4	1,2
Alumínio	0,6	0,5	0,5	0,8	0,4	0,4	0,6	0,4	0,5	1,2	0,4	0,7
Madeira	0,7	1	1,3	0,2	0,4	0,3	0,9	1	1,8	1,4	0,9	1

	%											
Componentes	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar
Borracha	0,6	0,4	0,1	0,3	0,1	0,7	0,3	0,2	0,1	1	0,4	0,3
Tecnológico	0	0,2	0	0	0	0	0,1	0	0,2	0	0,2	0
Infectante	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0	0	0	0,1	0
Outros metais	0	0,1	0,1	0	0	0	0,1	0	0,2	0,1	0	0

Fonte: COMCAP, 2002

Dentre os itens analisados, observa-se que poucos possuem uma variação expressiva, em percentagem peso, no decorrer do ano.

7.3.1.2. Influencia Da Sazonalidade Composição Física

Considera-se como alta temporada os meses de dezembro do ano anterior mais janeiro fevereiro e março do ano em questão enquanto para baixa temporada os meses de abril, maio, junho julho, agosto, setembro, outubro e novembro. Como supracitado dentre os principais itens analisados (orgânicos, plásticos moles, plásticos duros, papel, papelão, têxteis e couro, sanitários, vidros e metais), poucos possuem uma variação expressiva, em percentagem peso, no decorrer do ano. Isso é confirmado na Gráfico 1.

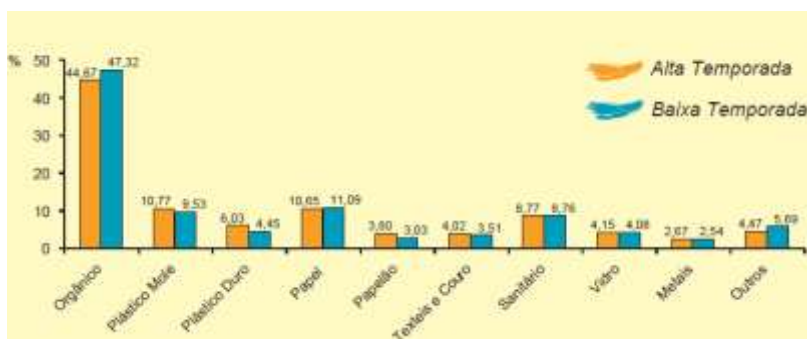


Gráfico 1 - Variação sazonal dos componentes encontrados nos RSU.

Fonte: COMCAP, 2002

O item orgânico possui maiores valores em percentagem peso nos meses mais frios, acredita-se que devido ao maior consumo de alimentos nessa época do ano. Já com os plásticos duros verifica-se um aumento

nos meses quentes (4,45 % na baixa temporada e 6,03 % na alta temporada) devido ao aumento no descarte de embalagens de bebidas, em especial refrigerantes e água mineral (COMCAP, 2002).

O mesmo acontece com o alumínio, que em janeiro possui um grande aumento (média anual com 0,56% e janeiro com 1,17 %) devido ao descarte de embalagens de refrigerantes, cervejas e sucos enlatados. Deve-se, porém considerar que estes valores são baixos em função da ação dos catadores, que recolhem esse material pelo seu alto valor de mercado. O item papelão tem um leve aumento na alta temporada, provavelmente em função do maior movimento no comércio da cidade para atendimento das festas de final de ano e dos turistas, apesar da forte atuação dos catadores (COMCAP, 2002).

Com relação à variação entre baixa e alta temporada, poucos são os materiais que possuem variação expressiva, sendo eles o alumínio (aumento de 30% em peso), o papelão (aumento de 25% em peso), os plásticos (aumento de 20% em peso) e o multicamada (aumento de 20% em peso). Com relação à taxa de geração per capita de lixo na baixa temporada, constatou-se um aumento de 60% em comparação com a pesquisa realizada no ano de 1995 (COMCAP, 2002).

7.3.1.3. Análise Regional

7.3.1.3.1. Composição Física

Como pode ser avaliado na Tabela 3 a variação da composição física do RSU entre as regiões, de modo geral é pouco significativa. Segundo COMCAP (2002) as diferenças são mais significativas entre os roteiros, pois estes podem favorecer a variação de composição do resíduo, em virtude das diferentes classes sociais atendidas por cada roteiro.

Tabela 3 – Média regional dos componentes em porcentagem de massa, referente ao ano de 2001.

Quadro 18 - Quadro Comparativo por Região do Município (%)					
COMPONENTES	REGIÃO				
	NORTE	SUL	LESTE	CENTRO	CONTINENTE
Orgânico	48,38	43,35	46,58	44,64	48,50
Plástico Mole	10,31	10,59	10,26	10,51	8,55
Plástico Duro	5,56	5,28	4,42	5,00	4,79
Papel	10,42	10,60	11,25	12,73	9,84
Papelão	3,08	2,68	4,07	3,26	3,42
Vidro	5,50	4,38	4,62	4,29	2,41
Têxteis e Couro	2,74	2,91	3,58	2,12	6,22
Sanitários	7,85	10,40	7,84	10,76	7,56
Ferro	1,61	2,41	1,72	1,64	2,29
Outros	1,05	3,73	1,77	0,81	1,94
Multicamada	0,79	1,21	1,04	0,94	0,74
Madeira	0,54	0,78	0,90	0,54	1,53
Inertes	0,95	0,39	0,37	1,06	0,96
Alumínio	0,57	0,66	0,64	0,70	0,32
Borracha	0,46	0,34	0,29	0,16	0,48
Tóxicos	0,12	0,20	0,52	0,70	0,22
Tecnológico	0,01	0,01	0,07	0,08	0,13
Outros metais	0,06	0,06	0,02	0,01	0,10
Infectante	0,00	0,02	0,03	0,06	0,01

Fonte: COMCAP, 2002

7.3.1.3.2. Densidade Aparente

Segundo PMF (2008) é possível observar-se uma densidade aparente dos resíduos menor na alta temporada em quase todas as regiões (Tabela 4), ou seja, o lixo ocupa um maior volume, nos meses de dezembro a março. Isto se deve possivelmente à grande presença de embalagens descartáveis de refrigerantes e água (PET e PP).

Tabela 4 - Densidade Aparente do lixo por região do município (kg/m³).

Temporada	Região				
	Norte	Sul	Leste	Centro	Continente
Baixa	138	131	141	120	145
Alta	122	124	136	109	131
Média	132	128	138	116	140

Fonte: COMCAP, 2002

7.3.1.3.3. Umidade

Entre os valores da umidade em todas as regiões amostradas entre a baixa e alta temporada, pode-se observar uma variação significativa, embora em todas as regiões os valores de umidade apresentem-se maiores nos meses de abril a novembro (Tabela 5). Isto pode ser explicado pela maior quantidade de resíduos orgânicos presentes no lixo nestes meses e/ou pela menor perda de umidade dos RSU quando o ambiente possui temperaturas mais baixas (PMF, 2008).

Tabela 5 - Umidade do lixo por região do município (%)

Temporada	Região				
	Norte	Sul	Leste	Centro	Continente
Baixa	53	64	59	63	55
Alta	51	48	36	51	45
Média	53	64	59	59	55

Fonte: COMCAP, 2002

7.3.2. Características Quantitativas

Florianópolis é uma cidade atípica, pois em função de sua geografia e geometria, tornou-se com o passar dos anos um município polinucleado, com cinco regiões distintas: região norte, sul, leste, central e continental. Estas regiões cresceram e se desenvolveram diferentemente uma das outras e por isso para se avaliar a produção do município como um todo, não deve-se esquecer de considerar uma análise de cada região. A Tabela 6 apresenta uma idéia de produção regional mensal de resíduos.

Tabela 6 – Quantidade de Resíduos coletados em Florianópolis (2002)

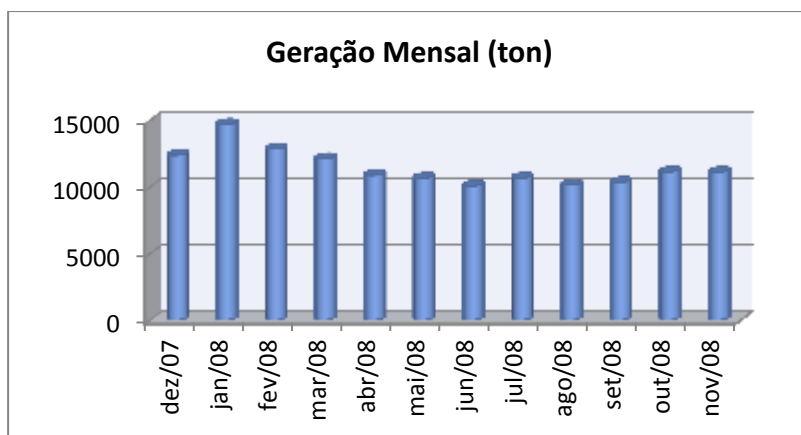
Região	População (hab)	Total de Resíduos Coletados (t/mês)
Norte	48.445	1.351,53
Sul	53.794	1.191,95
Leste	19.280	762,80
Central	108.698	2.669,68
Continental	88.926	1.803,47
Total	319.143	7.779,43

Fonte: COMCAP, 2002

7.3.2.1. Influencia Da Sazonalidade

Como já citado anteriormente considera-se como alta temporada os meses de dezembro do ano anterior mais janeiro fevereiro e março do ano em questão enquanto para baixa temporada os meses de abril, maio, junho julho, agosto, setembro, outubro e novembro. O Gráfico 2 mostra as quantidades de resíduos domiciliares urbanos geradas no município nos períodos de baixa alta temporada, nos anos de 2007 e 2008.

Gráfico 2 - Geração Mensal de resíduos em Florianópolis no ano de 2007 e 2008



Fonte: PMISB, 2008

Tabela 7 - Geração Mensal de resíduos em Florianópolis no ano de 2007 e 2008 (t/mês)

dez/07	jan/08	fev/08	mar/08	abr/08	mai/08
12395,63	14714,57	12865,96	12138,95	10886,01	10676,16
jun/08	jul/08	ago/08	set/08	out/08	nov/08
10099,24	10681,56	10159,79	10369,72	11156,75	11133,12

Segundo PMF (2008) o mês de janeiro, na maioria das vezes, é o mês de maior geração de resíduos. No ano de 2008, comparado este mês com o mês de junho (mês de menor geração), o acréscimo foi de 46%. Este aumento se deve ao fato de Florianópolis ser uma cidade turística e receber uma grande quantidade de visitantes (população flutuante) no mês de janeiro.

7.3.2.2. Geração Per Capta De RSU

A taxa de geração per capita de lixo se refere à produção de lixo diária por pessoa de determinada região. Em Florianópolis, de uma forma simplificada, a taxa relativa à produção per capita de Resíduos Sólidos Urbanos é calculada regularmente na Companhia responsável pela gestão dos resíduos. O critério de cálculo é simples e consiste em dividir a quantidade produzida pela população residente no município. No período da pesquisa (2002), a quantidade média diária de Resíduos Sólidos produzida no município foi de 332.219 kg/dia, contra uma população de 342.315 habitantes (IBGE, 2000), resultando, assim em uma estimativa de produção per capita neste período de 0,97 kg/hab.dia. Percebe-se, porém, que 0,97 kg/hab.dia não retrata a produção per capita da população da cidade, e sim um valor ampliado, devido à influência da população flutuante, uma vez que a pesquisa incluiu o período de férias. Calculando-se a produção per capita por roteiro de coleta, chegou-se ao valor de 0,77 kg/hab.dia, o que confirma a influência da população flutuante. Considerou-se como resultado mais representativo sobre a quantidade de RSU para a cidade de Florianópolis a média entre os dois valores obtidos, isto é, a produção per capita geral e a produção per capita por roteiro de coleta (0,87 Kg/hab.dia). (COMCAP, 2002).

O aumento da produção per capita na alta temporada (0,87 Kg/hab.dia), com relação à baixa temporada (0,73 Kg/hab.dia), considerando a média anual, pode ser causa da imprecisão na

determinação do aumento populacional no verão. Outra causa possível do aumento da produção per capita é o aumento na geração de RESUD, devido ao maior poder de compra dos turistas. Com relação à taxa de geração per capita de lixo na baixa temporada, constatou-se um aumento de 60% em comparação com a pesquisa realizada no ano de 1995. (COMCAP, 2002).

Tabela 8 - Geração per capta.

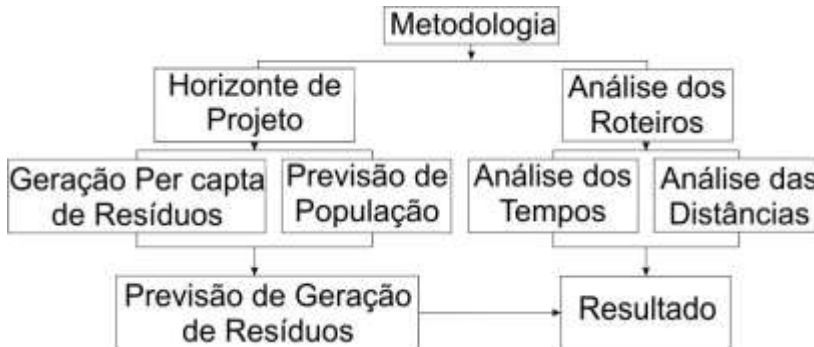
	Baixa Temporada	Alta Temporada	Anual
Região	Kg/hab.dia	Kg/hab.dia	Kg/hab.dia
Norte	0,66	0,98	0,76
Sul	0,71	0,86	0,75
Leste	0,8	1,17	0,91
Central	0,77	0,78	0,78
Continental	0,66	0,75	0,69
Média	0,73	0,87	0,77

Fonte: COMCAP, 2002 (adaptado)

Nas regiões norte, sul e leste há um aumento significativo da produção per capita na alta temporada devido a estas regiões possuírem um fluxo de turistas bastante intenso nessa época do ano, por causa principalmente de suas praias. A região leste apresentou a maior taxa de geração per capita, provavelmente devido ao turismo que ocorre durante o ano todo, pois lá se encontra um pólo gastronômico, lazer noturno, esportes náuticos além de uma população residente com alto poder aquisitivo. Na região central o valor da produção per capita na baixa temporada é elevado.

8. Metodologia

A metodologia aplicada para determinação da região florianopolitana mais necessitada e economicamente adequada à implantação de uma ETRS segue o esquema simplificado:



8.1. Horizonte de Projeto

Considerada uma das etapas preliminares para estudos de localização de estações de transferência de resíduos, o horizonte de projeto permite prever demandas e necessidades futuras. Além disso, o horizonte de projeto é uma ferramenta de gestão e planejamento que faz com que o projeto não se torne obsoleto ou saturado logo nos primeiros anos. Ele permite a confecção de projetos que podem ser dimensionados considerando a dinâmica populacional de funcionamento do empreendimento.

Para o presente estudo foi adotado um horizonte de projeto mínimo de 10 anos. Para isto serão utilizados estudos de previsão de população e estimativas de geração de resíduos para o período adotado.

8.1.1. Previsão da População

Os dados de população considerados para elaboração deste estudo, foram provenientes do documento, de autoria de Paulo Campanário, intitulado “Florianópolis: Dinâmica Demográfica e Projeção da População por Sexo, Grupos Etários, Distritos e Bairros (1950-2050)”, produzido no ano de 2007 para o - IPUF, com o objetivo de subsidiar a elaboração do Plano Diretor Participativo do município. O mesmo estudo também deu subsídio a elaboração do Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (PMISB).

O estudo desenvolvido por CAMPANÁRIO (2007) foi baseado principalmente no modelo Evadan, principal ferramenta empregada, em seu trabalho, para os cálculos demográficos. Segundo o autor, para a

realização deste estudo foram aplicadas diferentes técnicas e várias etapas.

Numa primeira etapa, Campanário estimou, para o município em sua totalidade, uma nova população por sexo e idades para o dia 30 de Junho de 1950 a partir do censo deste mesmo ano, ou seja, aplicou uma técnica específica para corrigir e ajustar a população deste ano, ponto de partida da projeção. Numa segunda etapa foram corrigidas as populações do período 1950-2000 a partir de novos conjuntos de taxas de fecundidade por idades, de saldos migratórios e de relações de sobrevivência por sexo e idades e períodos quinquenais. Numa terceira, foram feitas hipóteses de comportamento futuro das variáveis estimadas no período 1950-2000, as quais foram usadas para projetar a população. Estabelecida a mesma por sexo e idades até 2050, foram projetados os distritos e, finalmente, os bairros. Adicionalmente, foram projetados os domicílios, a população flutuante e as populações dos distritos por idades e anos simples. A Tabela 9 e a Tabela 10 foram confeccionadas segundo os estudos de Campanário 2007e foi extraído do PMISB (2008), porem excluiu-se os dados de população flutuante.

Tabela 9 – Previsão de população para os anos de 2010 e 2011.

	2010	2011
Distritos	Resid	Resid
Sede Ilha	204.467	210.662
Sede Continente	101.579	102.270
Barra da lagoa	7.360	7.506
Cachoeira do Bom Jesus	26.416	26.841
Campeche	34.738	36.020
Canasvieiras	31.348	31.937
Inglese	39.759	40.753
Lagoa da conceição	17.523	17.977
Pântano do Sul	9.300	9.475
Ratones	4.829	5.028
Ribeirão da Ilha	27.064	27.259
Rio Vermelho	13.958	14.544
Santo Antônio de lisboa	7.378	7.538
Soma	525.719	537.810

Fonte: PMISB, 2008 (adaptado)

Tabela 10 – Previsão de população para os anos de 2015 e 2020.

	2015	2020
Distritos	Resid	Resid
Sede Ilha	237.392	266.488
Sede Continente	105.100	112.224
Barra da lagoa	8.119	8.803
Cachoeira do Bom Jesus	28.616	30.255
Campeche	41.639	48.128
Canasvieiras	34.411	36.944
Inglese	44.989	49.137
Lagoa da conceição	19.914	21.901
Pantano do Sul	10.209	10.961
Ratones	5.912	6.810
Ribeirão da Ilha	28.058	28.969
Rio Vermelho	17.146	20.304
Santo Antônio de Lisboa	8.215	9.034
<i>Soma</i>	<i>589.720</i>	<i>649.958</i>

Fonte: PMISB, 2008 (adaptado)

Embora esse estudo tenha sido utilizado para elaboração do Plano Diretor e do PMISB, os dados sobre a população total de Florianópolis não traduzem com exatidão a realidade, pois traçaram uma projeção populacional superestimada e diferente do CENSO 2010. Diante disto o trabalho aqui proposto fez uma correção percentual em relação a projeção de Campanário (2007).

Considerando a atual população de 421.240 habitantes (IBGE 2010), e não de 525.719 habitantes como no estudo de Campanário, fez-se necessário aplicar uma relação percentual para corrigir os dados de projeção da Tabela 9 e da Tabela 10 acima em 20%. Isto significa que os dados projetados sofreram uma redução populacional de 20%. Com relação distribuição percentual para os distritos manteve-se a mesma em porcentagem, considerando que a dinâmica de crescimento distrital se manteria conforme estudo de Campanário. A Tabela 11 apresenta os valores corrigidos para ano de 2010, conforme censo 2010.

Tabela 11 – Previsão de população corrigida 2010.

	2010 (Campanario)	2010 (Corrigido)
Distritos	Resid	Resid
Sede Ilha	204.467	163.832
Sede Continente	101.579	81.392
Barra da lagoa	7.360	5.897
Cachoeira do Bom Jesus	26.416	21.166
Campeche	34.738	27.834
Canasvieiras	31.348	25.118
Inglese	39.759	31.857
Lagoa da conceição	17.523	14.041
Pântano do Sul	9.300	7.452
Ratones	4.829	3.869
Ribeirão da Ilha	27.064	21.685
Rio Vermelho	13.958	11.184
Santo Antônio de Lisboa	7.378	5.912
<i>Soma</i>	525.719	421.240

A seguir foram utilizados os mesmos procedimentos para se estimar a população residente e flutuante dentro do horizonte de projeto de 10 anos.

Na Tabela 12 apresentam-se discriminados, os anos de 2011, 2015 e 2020, no horizonte de estudo, as populações residentes futuras para o Município de Florianópolis, estratificadas por distrito administrativo.

Tabela 12 – Previsão de população corrigida 2011, 2015 e 2020.

	2011	2015	2020
Distritos	Resid	Resid	Resid
Sede Ilha	168.796	190.214	213.527
Sede Continente	81.945	84.213	89.921
Barra da lagoa	6.014	6.505	7.054

Distritos	2011	2015	2020
	Resid	Resid	Resid
Cachoeira do Bom Jesus	21.507	22.929	24.242
Campeche	28.862	33.364	38.563
Canasvieiras	25.590	27.572	29.602
Ingleses	32.654	36.048	39.372
Lagoa da conceição	14.404	15.956	17.548
Pântano do Sul	7.592	8.180	8.783
Ratones	4.029	4.737	5.457
Ribeirão da Ilha	21.842	22.482	23.212
Rio Vermelho	11.654	13.738	16.269
Santo Antônio de Lisboa	6039,93	6582,4	7238,62
<i>Soma</i>	<i>430.928</i>	<i>472.522</i>	<i>520.788</i>

A projeção demonstra um crescimento acentuado da região central e principalmente da região norte da ilha, devido a influencia da sazonalidade. Observa-se que no ano de 2020 a população residente total chegará a 520.788 habitantes, valendo destacar como distritos mais populosos o distrito Sede-Ilha, Sede-Continente, Ingleses e Campeche.

A população flutuante total no ano de 2020 é estimada em 334.206 habitantes, o que corresponde um aumento populacional de 64% em relação a população residente, havendo uma maior concentração desta população no distrito de Canasvieiras, com 105.400 habitantes, número que corresponde a um crescimento de 356% em relação à população residente. Portanto, até o ano de 2020 a população total (residente e flutuante) no Município de Florianópolis é estimada em 854.994 habitantes, correspondendo a um aumento de 20% em relação à população registrada em 2010.

Vale lembrar que previsões não são verdades absolutas, afinal cenários econômicos e fatores intangíveis, podem modificar cenários futuros. Entretanto essas previsões são capazes de proporcionar planejamento em médio prazo.

Assim como supracitado neste documento, Florianópolis é um município polinucleado dividido em regiões. Cada região possui seus respectivos distritos administrativos.

Logo para uma melhor avaliação da dinâmica populacional estimada no item anterior, foi considerado o crescimento populacional regional do município, como apresentado na Tabela 13, Tabela 14 e Gráfico 3.

Tabela 13 – Previsão de população (corrigida) por região (2010 – 2011).

Região	2010			2011		
	Resid	Flut	Total	Resid	Flut	Total
Norte	99.107	181.001	280.108	101.473	187.437	288.910
Sul	56.972	16.433	73.405	58.295	17.062	75.357
Leste	19.938	21.414	41.352	20.419	22.243	42.662
Central	163.832	13.413	177.245	168.796	14.021	182.817
Continental	81.392	7.753	89.145	81.945	7.920	89.865
Soma	421.240	240.014	661.254	430.928	248.683	679.611

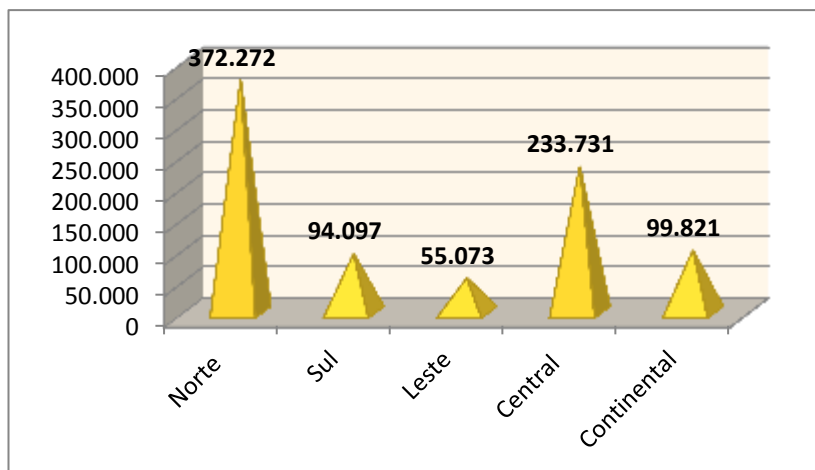
Tabela 14 – Previsão de população (corrigida) por região (2015 – 2020).

Região	2015			2020		
	Resid	Flut	Total	Resid	Flut	Total
Norte	111.607	215.607	327.214	122.180	250.091	372.272
Sul	64.026	19.863	83.888	70.558	23.540	94.097
Leste	22.462	25.898	48.360	24.602	30.471	55.073
Central	190.214	16.742	206.955	213.527	20.204	233.731
Continental	84.213	8.624	92.837	89.921	9.900	99.821
Soma	472.522	286.733	759.254	520.788	334.206	854.994

Para confecção da Tabela 13 e da Tabela 14 fez-se necessária a seguinte consideração:

- Região Norte: Ingleses, Cachoeira do Bom Jesus, Canasvieiras, Ratoles, Rio Vermelho e Santo Antônio de Lisboa
- Região Sul: Campeche, Pântano do Sul, Ribeirão da Ilha,
- Região Leste: Lagoa da conceição, Barra da lagoa
- Região Central: Sede Ilha
- Região Continental: Sede Continente

Gráfico 3 - Previsão de população (corrigida) por região.



8.1.2. Previsão Da Produção De RSU Por Região

8.1.2.1. Determinação Da Produção Per Capta

Embora o presente trabalho já tenha citado informações sobre produção per capita do município, aqui será realizada uma nova determinação desta produção. Isto em virtude dos estudos apresentados anteriormente considerarem apenas a produção per capita da população de Florianópolis, excluindo a produção da população flutuante, pois tais estudos buscavam caracterizar a geração exclusivamente da população residente em Florianópolis.

Para o presente estudo interessa a geração de resíduos produzidos pelo município e pelas regiões como um todo (residentes + flutuantes). Por isso aqui foi determinada uma taxa de geração per capita que relacione a população residente com a geração regional, onde já estará ali embutida a geração per capita da população flutuante.

Considerando a população residente no município no ano de 2007, segundo IBGE e baseando-se na distribuição populacional percentual por região, apresentada acima na Tabela 13 para o ano de 2010, fez-se a seguinte distribuição populacional apresentada na Tabela 15. Nela estão estimados a população residente em cada região, no ano de 2007.

Tabela 15 – Distribuição populacional por região, referentes à população de 2007

Região	Representação Percentual	População Residente
Norte	24%	93.339
Sul	14%	53.656
Leste	5%	18.778
Central	39%	154.297
Continental	19%	76.655
Soma	100%	396.724

Já para a produção de resíduos fez-se uso da Tabela 16 e determinou-se o percentual de resíduos gerados por região em comparação ao total de resíduos gerados por mês (ton/mês). Ou seja, relacionou-se a quantidade média de resíduos gerados por mês, no ano de 2002 e qual a representação percentual referente a cada região.

Na sequência os valores foram corrigidos de acordo com o percentual que representava a distribuição populacional em cada região, conforme Tabela 15. Por exemplo, a região norte representava 17% da produção média de RSU (t/mês) de Florianópolis. Em contrapartida em 2007 em termos de população representava 24% da população da cidade. Como sabe-se que a geração de resíduos é proporcional ao número de habitantes, fez-se uma média destes percentuais, onde foi então estimado que a região norte representa 20,69% da produção de resíduos de Florianópolis. O mesmo procedimento foi também aplicado as demais regiões.

Tabela 16 – Distribuição percentual de geração de resíduos por região.

Região	População (hab)	Total de Resíduos Coletados (t/mês)	Representação Percentual	Representação Corrigida
Norte	48.445	1.351,53	17,37%	20,69%
Sul	53.794	1.191,95	15,32%	14,66%
Leste	19.280	762,8	9,81%	7,40%
Central	108.698	2.669,68	34,32%	36,66%

Região	População	Total de Resíduos	Representação	Representação
	(hab)	Coletados (t/mês)	Percentual	Corrigida
Continental	88.926	1.803,47	23,18%	21,09%
Total	319.143	7.779,43	100,00%	100%

Considerando a representação percentual em massa de resíduos gerados, por região tem-se então para o período de 2007 a seguinte distribuição, conforme Tabela 17, Tabela 18 e Tabela 19, onde estimou-se a geração de resíduos para cada região nos meses de dezembro de 2007 a novembro de 2008. Vale lembrar que para evitar propagação de erros na distribuição considerou-se o número de habitantes linear no decorrer do ano, para cada região.

Tabela 17 – Estimativa da geração de RSU para cada região nos meses de dezembro de 2007 a fevereiro de 2008.

		Alta Temporada		
		dez/07	jan/08	fev/08
Florianópolis	T/mês	12.396	14.715	12.866
	População	396.723	396.723	396.723
Norte	T/mês	2.564	3.044	2.662
	População	93.339	93.339	93.339
Sul	T/mês	1.817	2.157	1.886
	População	53.656	53.656	53.656
Leste	T/mês	918	1.089	952
	População	18.778	18.778	18.778
Central	T/mês	4.544	5.394	4.716
	População	154.297	154.297	154.297
Continente	T/mês	2.614	3.103	2.714
	População	76.655	76.655	76.655

Tabela 18 – Estimativa da geração de RSU para cada região nos meses de março de 2008 a julho de 2008.

		Baixa Temporada				
		mar/08	abr/08	mai/08	jun/08	jul/08
Continente e Florianópolis	T/mês	12.139	10.886	10.676	10.099	10.682
		População	396.723	396.723	396.723	396.723
	Norte	T/mês	2.511	2.252	2.209	2.089
		População	93.339	93.339	93.339	93.339
	Sul	T/mês	1.780	1.596	1.565	1.481
		População	53.656	53.656	53.656	53.656
	Leste	T/mês	899	806	790	748
		População	18.778	18.778	18.778	18.778
	Central	T/mês	4.450	3.991	3.914	3.702
		População	154.297	154.297	154.297	154.297
	T/mês	2.560	2.296	2.252	2.130	2.253
		População	76.655	76.655	76.655	76.655

Tabela 19 – Estimativa da geração de RSU para cada região nos meses de agosto de 2008 a novembro de 2008.

		Baixa Temporada			
		ago/08	set/08	out/08	nov/08
Continente e Florianópolis	T/mês	10.160	10.370	11.157	11.133
		População	396.723	396.723	396.723
	Norte	T/mês	2.102	2.145	2.308
		População	93.339	93.339	93.339
	Sul	T/mês	1.490	1.520	1.636
		População	53.656	53.656	53.656
	Leste	T/mês	752	768	826
		População	18.778	18.778	18.778
	Central	T/mês	3.724	3.801	4.090
		População	154.297	154.297	154.297
	T/mês	2.143	2.187	2.353	2.348
		População	76.655	76.655	76.655

Com uma estimativa dos valores de geração mensal e população residente foi possível então determinar a geração de RSU per capta para cada região e para cada mês do período avaliado (Tabela 20 e Tabela 21)

Tabela 20 – Estimativa da geração per capta de RSU para cada região – Alta Temporada

		Alta Temporada (2007/2008)			
		dez	jan	fev	Média
Florianópolis	Kg/hab.dia	1,04	1,24	1,08	1,12
Norte	Kg/hab.dia	0,92	1,09	0,95	0,98
Sul	Kg/hab.dia	1,13	1,34	1,17	1,21
Leste	Kg/hab.dia	1,63	1,93	1,69	1,75
Central	Kg/hab.dia	0,98	1,17	1,02	1,06
Continente	Kg/hab.dia	1,14	1,35	1,18	1,22

Tabela 21 – Estimativa da geração per capta de RSU para cada região – Baixa Temporada

		Baixa Temporada (2008)									
		mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	Méd
Florianópolis	Kg/hab.dia	1,02	0,91	0,9	0,85	0,9	0,85	0,87	0,94	0,94	0,91
Norte	Kg/hab.dia	0,9	0,8	0,79	0,75	0,79	0,75	0,77	0,82	0,82	0,8
Sul	Kg/hab.dia	1,11	0,99	0,97	0,92	0,97	0,93	0,94	1,02	1,01	0,98
Leste	Kg/hab.dia	1,6	1,43	1,4	1,33	1,4	1,34	1,36	1,47	1,46	1,42
Central	Kg/hab.dia	0,96	0,86	0,85	0,8	0,85	0,8	0,82	0,88	0,88	0,86
Contine nte	Kg/hab.dia	1,11	1,00	0,98	0,93	0,98	0,93	0,95	1,02	1,02	0,99

Em vistas do exposto determinou-se uma média de geração per capta para cada região (Tabela 22) dependendo da sazonalidade. A tabela a seguir fornece informações referente a geração per capta da população de cada região na baixa e na alta temporada.

Tabela 22 – Média de geração per capta.

	Temporada	
	Alta Kg/hab.dia	Baixa Kg/hab.dia
Florianópolis	1,12	0,91
Norte	0,98	0,80
Sul	1,21	0,98
Leste	1,75	1,42
Central	1,06	0,86
Continente	1,22	0,99

Pode-se observar claramente que a tendência é que nos meses de alta temporada a geração per capta se eleve. Isto devido ao fluxo de turistas que visitam Florianópolis durante esta época do ano. Além disso o turismo promove um aumento dos resíduos em virtude do poder aquisitivo dos turistas. Um outro fator pode ser em virtude do estímulo ao consumo no final do ano consequência das festas de natal e réveillon.

É possível perceber também uma disparidade em relação as demais regiões na produção per capta da região leste. Acredita-se que isto pode ser devido a esta região possuir um número grande de restaurantes e bares, que atraem diariamente habitantes de outras regiões e municípios para a região leste. Um outro fator a ser considerado é o fato dessa região ser uma das que mais atraem turistas durante o ano e sua população residente representa apenas 5% da população de Florianópolis.

8.1.2.2. Previsão De Geração De RSU Em 2015 e 2020

A previsão da produção de RSU por região estará baseada no crescimento populacional e na produção per capta estimada. Para isso serão utilizadas relações que possibilitem uma extrapolação da produção e que considere o incremento durante os meses de alta temporada.

Baixa temporada

Para determinação da produção na baixa temporada utilizou-se a seguinte fórmula:

$$PR * PPCB = \text{Geração da Baixa Temporada}$$

Onde:

PR : População Residente

PPCB: Produção per Capta Baixa Temporada

Multiplicando “PR” por “PPCB” encontra-se um valor que representa a geração de resíduos da população residente e flutuante juntos, pois as determinações de geração per capita consideraram a produção geral (residentes + flutuantes) em relação a população residente. Isto pelo simples fato de não conseguirmos estimar uma geração per capita exclusivamente para a população flutuante.

Tabela 23 – Previsão na Baixa Temporada

Baixa Temporada							
	Kg/hab.dia	2015			2020		
		Residentes	Kg/dia	Ton/Mês	Residentes	Kg/dia	Ton/Mês
Norte	0,8	111.607	89.140	2.674	122.180	97.584	2.928
Sul	0,98	64.026	63.045	1.891	70.558	69.477	2.084
Leste	1,42	22.462	31.911	957	24.602	34.951	1.049
Central	0,86	190.214	162.860	4.886	213.527	182.821	5.485
Continental	0,99	84.213	83.502	2.505	89.921	89.162	2.675
Florianópolis	0,91	472.522	429.995	12.900	520.788	473.917	14.218

Alta temporada

Para determinação da produção na alta temporada utilizou-se a seguinte fórmula:

$$PR * PPCA = \text{Geração da Alta Temporada}$$

Onde:

PR : População Residente

PPCA: Produção per Capta Alta Temporada

Assim como na determinação da geração na baixa temporada, multiplicando “PR” por “PPCA” encontra-se um valor que representa a geração de resíduos da população residente e flutuante juntos, pois as determinações de geração per capita consideraram a produção geral (residentes + flutuantes) em relação à população residente. Independente de a população residente considerada, ser a mesma da baixa temporada foi possível estimar a produção média mensal de resíduos em virtude das diferentes taxas de geração per capita de RSU para baixa e alta temporada.

Tabela 24 – Previsão na Alta Temporada

	Alta Temporada						
	2015				2020		
	Kg/hab .dia	Residentes	Kg/dia	Ton/ Mês	Residentes	Kg/dia	Ton/ Mês
Norte	0,98	111.607	109.869	3.296	122.180	120.277	3.608
Sul	1,21	64.026	77.706	2.331	70.558	85.634	2.569
Leste	1,75	22.462	39.332	1.180	24.602	43.079	1.292
Central	1,06	190.214	200.733	6.022	213.527	225.336	6.760
Continental	1,22	84.213	102.920	3.088	89.921	109.896	3.297
Florianópolis	1,12	472.522	529.224	15.877	520.788	583.283	17.498

8.2. Análise dos Roteiros

A COMCAP possui hoje mais de 70 roteiros de coleta convencional, distribuídos entre ilha e continente. Em sua maioria os roteiros diferenciam-se de acordo com a região atendida (Norte, Sul, Leste, Centro e Continente).

Cada um dos roteiros é monitorado diariamente, e estes geram um relatório diário com informações como: numero do veículo; nome do motorista; quantidade de indivíduos na guarnição, kilometragem de transporte e tempo gasto; kilometragem e tempo de coleta; kilometragem total percorrida e tempo; massa de resíduos coletada; tempo em que o veículo ficou parado e o numero de viagens que o veículo teve que fazer. Com base nesses relatórios diários a COMCAP gera mensalmente um relatório geral que representa o somatório dos itens citados acima, para cada roteiro de coleta da cidade.

Utilizando dois relatórios representativos dos meses de alta e baixa temporada, fez-se uma análise das distancias de transporte percorridas pelos roteiros, e o tempo gasto nesses percursos. O objetivo foi encontrar a região em que a distancia percorrida média fosse a mais longa e a que o tempo de transporte também fosse elevado. Afinal de contas esses aspectos são muito importantes na avaliação de locação de uma ETRS.

8.2.1. Distancias de Transporte

Com base nos relatórios (COMCAP) dos meses de Janeiro (2010) e Agosto (2010), foi possível realizar uma média das distâncias percorridas apenas no transporte dos resíduos de cada região até a CETRES, considerando alta e baixa temporada (Tabela 25). Tal consideração fez-se necessária devido à sazonalidade da cidade.

Para realização desta média agrupou-se os roteiros referentes a cada região e então as distâncias percorridas no transporte foram somadas e divididas pelo número de roteiros, onde foi possível encontrar uma distância média percorrida por roteiro em cada região, para os meses avaliados.

Tabela 25 – Distancia média percorrida por roteiros e por região.

	Janeiro		Agosto	
	Km/mês	Km/ Roteiro	Km/mês	Km/ Roteiro
Norte	52.391	2.757	27.302	1.437
Sul	15.076	1.160	12.840	988
Leste	10.580	1.763	8.091	1.349
Centro	14.565	767	14.329	754
Continente	8.709	871	11.151	1.115

A escolha dos meses se deu considerando os períodos mais críticos de geração durante o ano, ou seja, foram escolhidos os meses com maior produção de lixo na alta e baixa temporada. Neste caso Janeiro representava a maior produção da alta temporada, e Agosto a maior produção da baixa temporada.

Podemos observar que a região Norte possui as maiores distâncias percorridas, independente de baixa ou alta temporada. Ou seja, os veículos que deveriam apenas coletar os resíduos e transbordá-los em uma ETRS, acabam percorrendo diariamente grandes distâncias. Por consequência disto estes veículos sofrerão maiores desgastes e demandarão maiores custos de manutenção. Outro fator importante é o fato de que quando estes veículos estão em transporte, os mesmos não estão realizando o trabalho de coleta e nessas longas distâncias a guarnição pode ficar algum tempo improdutiva e com o aumento da produção em função do crescimento populacional é possível que haja a necessidade que aquisição de novos veículos.

8.2.2. Tempos de Transporte

Baseando-se nos relatórios supracitados, emitidos pela COMCAP, fez-se um procedimento semelhante ao item anterior para determinação do tempo médio gasto pelos roteiros, onde utilizou-se o somatório das horas gastas durante o mês no transporte e relacionou-se com o número de roteiros, assim foi possível determinar qual o tempo médio gasto durante o mês para cada roteiro da região.

Com isto foi possível também determinar a velocidade média de transporte de resíduos até a CETRES, através do calculo relacionando a distancia com o tempo de transporte, conforme apresentado na Tabela 26.

Tabela 26 – Tempo de transporte e velocidade média, por roteiro, durante o mês.

	Janeiro			Agosto		
	Km/ roteiro	Horas/ Roteiro	Veloci. (Km/h)	Km/ roteiro	Horas/ Roteiro	Veloci. (Km/h)
Norte	2.757	89	31	1.437	44	33
Sul	1.160	50	23	988	38	26
Leste	1.763	66	27	1.349	44	31
Centro	767	30	26	754	25	31
Continente	871	32	27	1.115	37	30

Como esperado, embora a maior distância percorrida seja na região norte, boa parte deste trajeto é realizado em um trecho de rodovia duplicada, o que de certa forma favorece velocidades maiores. Entretanto nota-se que a região Norte, na alta temporada, representa também o maior tempo de transporte gasto por roteiro, enquanto na baixa temporada figura junto com a região Leste, também o maior tempo de transporte

Já quanto às regiões Centro, Sul e Leste, observa-se uma problemática que envolve aspectos de mobilidade urbana, uma vez que no caso da região sul a velocidade média, independente da sazonalidade é inferior a das outras regiões.

8.3. Resultado

Florianópolis possui basicamente cinco núcleos populacionais distintos. Segundo informações da COMCAP, atualmente o município carece de ETRS, em todas as regiões, exceto na região central, onde já existe uma.

Baseado na proposta metodológica de Costa (1998) e com os dados estimados e avaliados foi possível elencar em ordem de prioridade, qual a região municipal demanda a maior necessidade de implantação de uma ETRS. Esta ordem se deu baseada principalmente em dois fatores: quantidade de resíduos gerados por região para o horizonte de projeto (Tabela 27) e distância percorrida no transporte (Tabela 28) até a CETRES do Itacorubi.

Tabela 27 – Geração de cada região (alta e na baixa temporada).

Temporada	Baixa	Alta
Geração	Ton/Mês	Ton/Mês
Norte	2.928	3.608
Sul	2.084	2.569
Leste	1.049	1.292
Central	5.485	6.760
Continental	2.675	3.297
Florianópolis	14.218	17.498

Tabela 28 – Distância média de transporte para cada região (alta e na baixa temporada).

Temporada	Baixa	Alta
Geração	Km/ Roteiro	Km/ Roteiro
Norte	1.437	2.757
Sul	988	1.160
Leste	1.349	1.763
Centro	754	767
Continente	1.115	871

Sendo assim, para os critérios adotados pode-se observar que a **Região Norte**, dentre as regiões avaliadas, é a que apresenta maior necessidade de implantação de uma ETRS. Afinal é a região que num horizonte de projeto será responsável pela segunda maior geração de resíduos do município, atrás apenas da região Central. Além disso, a distância média percorrida em transporte por roteiro desta região, tanto na baixa quanto na alta temporada, é a maior do município.

9. Pré-Dimensionamento

Em vistas a determinar uma área mínima de implantação de uma ETRS, seguiu-se a metodologia proposta por COSTA (1998), para se encontrar uma idéia básica de dimensões para este tipo de estrutura.

Costa (1998) sugere que um tamanho adequado de uma ETRS não deve ser inferior a $6\text{m}^2/\text{ton}/\text{dia}$. Logo, considerando os dados do horizonte de projeto para a região Norte, a produção de 110 ton/dia na alta temporada e 89 ton/dia na baixa temporada, tem-se uma área para implantação de uma ETRS que deve ter entre 535m^2 e 659m^2 (Tabela 29).

Tabela 29 – Pré - dimensionamento.

Região	Baixa Temporada			Alta Temporada	
	Área $\text{m}^2/\text{ton}/\text{dia}$	Geração (ton/dia)	Área (m^2)	Geração (ton/dia)	Área (m^2)
Norte	6	89	535	110	659

É possível observar que como a geração diferencia-se bastante entre a alta e baixa temporada, a dimensão da ETRS também varia significativamente. Logo para um real dimensionamento futuro dever-se-á avaliar uma ponderação entre essas dimensões. Isto para se evitar que caso a mesma seja dimensionada considerando apenas a alta temporada, poderá passar o resto do ano com áreas ociosas.

O mesmo deverá ser avaliado caso a mesma seja dimensionada apenas para a baixa temporada, o que poderá gerar uma problemática no atendimento na alta temporada.

10. Simulação Econômica

Embora em termos de distancia percorrida e geração de resíduos a região norte se mostrou a mais carente com relação à implantação de uma ETRS, é necessária a realização de uma simulação econômica referente este sistema. Afinal o principal objetivo destas estruturas é a redução de custos e muitas vezes os fatores geração e distancia não são suficientes para garantir a necessidade real de implantação de uma ETRS, na localidade.

Na sequência serão avaliados três cenários que representariam alternativas a serem avaliadas financeiramente. O primeiro cenário representa a não alteração do sistema atual, ou seja, considerando o sistema de transporte sem uma ETRS no norte da ilha. O segundo cenário representa a implantação de uma ETRS convencional no Norte da Ilha, com transbordo direto e transporte terrestre. Já o terceiro cenário vislumbra uma opção mais “futurista” com a possibilidade de implantação de ETRS marítima.

Em ambos os cenários foi aplicada uma metodologia, proposta pela EPA(2002), de determinação do custo por tonelada gerada.

10.1. Cenário I - Atual

O Cenário I, representa a manutenção do sistema de transporte atual, descartando o uso ETRS. Neste caso determinou-se um custo médio de transporte por tonelada gerada e por distância percorrida, levando em conta os meses de Janeiro e Agosto.

Segundo EPA (2002) a determinação deste custo deve levar em conta a distancia percorrida (D); o custo de transporte (CT) e a capacidade de carga dos veículos (Cc), por meio da expressão:

$$C = \frac{(D*CT)}{Cc} \quad (1)$$

Onde:

C: Custo do transporte (R\$/ton)

D: Distancia percorrida em transporte até a destinação final ou até a atual estação de transferência (Km);

CT: Custo envolvido no transporte em função da distancia percorrida (R\$/Km);

Cc: Capacidade de carga dos caminhões. Neste caso a capacidade dos caminhões compactadores (ton).

Neste caso em específico considerou-se a distância percorrida como sendo a distancia até a CETRES do Itacorubi (Tabela 30), haja vista que mantendo o sistema atual o percurso em transporte feito pelos caminhões, coletores, se da até ela.

Tabela 30 – Distâncias de transporte.

Região	Janeiro			Agosto		
	Km	Km/dia	Km/ viagem	Km	Km/dia	Km/ viagem
Norte	52.391	138	69	27.302	111	55

Considerando:

D: 69 km (Janeiro) e 55 km (Agosto);

CT: 5,28 (R\$/Km) – Valor sugerido pela EPA (3,00 USD/ton);

Cc: 07 (ton) - Valor sugerido pela EPA;

Temos:

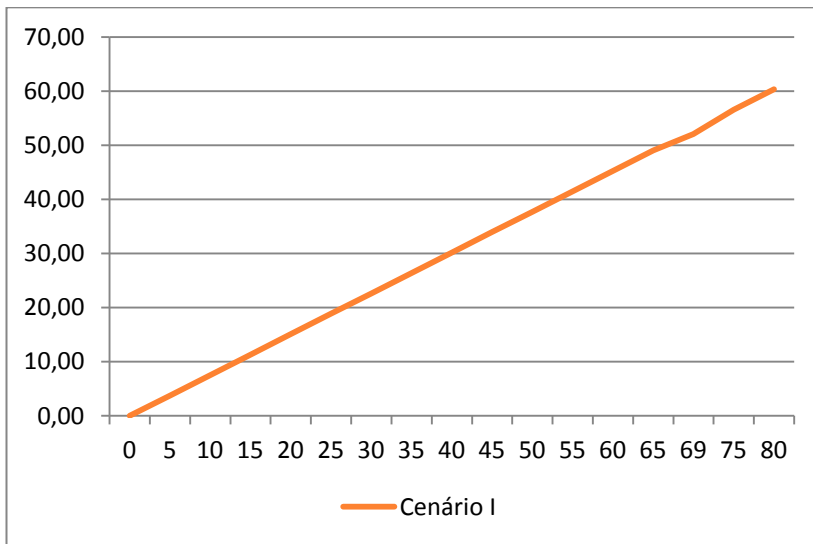
Tabela 31 – Custos de transporte direto.

	Jan	Ago
Distancia (km)	69	55
Custo de Transporte Direto (R\$/ton)	52,05	37,71

Pode-se observar que mantendo-se o sistema atual, para cada tonelada transportada o custo de transporte não ultrapassará R\$52,05 por tonelada.

Este custo pode também ser dado pelo Gráfico 4, onde a distancia percorrida é uma variável.

Gráfico 4 – Custo (R\$/ton.) em função da distancia percorrida (CenárioI)



10.2. Cenário II – Estação de Transferência do Norte

O Cenário II representa a implantação de uma ETRS, no Norte da ilha de Santa Catarina. Segundo informações da COMCAP já existe interesse na implantação de um Centro de Transferência de Resíduos Sólidos no norte. Inclusive há uma área cuja escritura pública já foi repassada a PMF, para este fim.

Seguindo a metodologia EPA (2002) para determinação do custo por tonelada transportada, neste caso, deve-se levar em conta a distancia percorrida (D); o custo de transporte (CT), a capacidade de carga dos veículos (Cc), e o custo por tonelada para implantação e operação da ETRS, por meio da expressão:

$$C = CIO + \frac{(D*CT)}{Cc} \quad (2)$$

Onde:

C: Custo do transporte (R\$/ton)

CIO: Custo de Implantação e Operação (R\$/ton)

D: Distancia percorrida em transporte até a destinação final ou até a atual estação de transferência (Km);

CT: Custo envolvido no transporte em função da distancia percorrida (R\$/Km);

Cc: Capacidade de carga dos caminhões. Neste caso a capacidade dos caminhões transportadores (ton).

Segundo levantamentos da própria COMCAP estima-se que, o custo de implantação de uma ETRS, em valores atuais, além dos custos de operação, seria de R\$ 1.588.849,00. Logo se considerarmos uma movimentação de mais de 311.960,00 toneladas de resíduos em dez anos, temos um valor de R\$ 4,00/ton transferida.

Como não pertence ao foco deste trabalho, a determinação de uma área ou terreno específico para locação de uma ETRS e sim a determinação de uma região onde fosse necessária tal estrutura, para efeitos de simplificação de cálculos e de comparação direta, a distância de transporte, considerada, foi a mesma percorrida no caso do Cenário I (Tabela 30). Este tipo de consideração também pode ser admitida como uma margem de segurança, pois com a implantação de uma ETRS, dificilmente as distancias de transporte serão maiores que quando comparadas as distancias percorridas sem a implantação de uma ETRS.

Considerando:

CIO: R\$10,00/ton (Custo de implantação R\$4,00/ton + Custo de Operação R\$6,00/ton) – segundo EPA (2002) os custos de implantação de operação devem ficar em torno de R\$10,00/ton, e como o custo de implantação já era conhecido determinou-se então o custo de operação.

D: 69 km (Janeiro) e 55 km (Agosto);

CT: 6,33 (R\$/Km) – A metodologia EPA sugere um valor de R\$5,28, porem por critério de segurança adotou-se um valor 20% acima do sugerido pela EPA. Isto por considera-se que o custo de transporte em um veículo com uma capacidade de carga maior não deve ser igual ao custo de transporte em um veículo transportador;

Cc: 21 ton – Valor sugerido pela EPA;

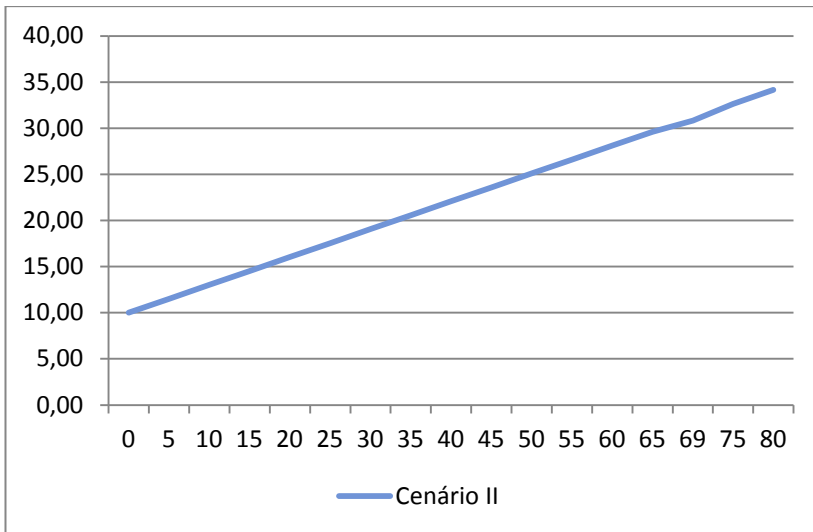
Temos:

Tabela 32 – Custos de transporte indireto.

	Jan	Ago
Distancia (km)	69	55
Custo de Transporte Direto (R\$/ton)	30,83	25,10

Pode-se então observar que para cada tonelada transportada com a implantação de uma ETRS no norte da ilha o custo de transporte não ultrapassará R\$30,83 por tonelada.

Gráfico 5 – Custo (R\$/ton.) em função da distancia percorrida (CenárioII)



10.3. Cenário III - Estação de Transferência Marítima

Uma estação marítima de transferência de resíduos é uma alternativa tecnológica as tradicionais estações terrestres. Essas estruturas são terminais marítimos que possuem a capacidade de transferir os resíduos dos caminhões compactadores para embarcações com alta capacidade de carga. Estas por sua vez trafegam até um segundo terminal marítimo, onde então os resíduos são transferidos a caminhões transportadores que irão dispor os resíduos em um aterro sanitário,(EPA 2002).

Segundo EPA (2000) o uso de estações de transferência marítima é considerado um método justo para processar resíduos sólidos de uma forma que minimize os impactos para a comunidade. Além disso uma EMTRS pode significar a redução de alguns problemas locais com tráfego. A EPA sugere que uma EMTRS (estação marítima de

transferência de resíduos sólidos) pode ser uma alternativa viável ao uso de ETRS terrestres.

Para EPA (2000) uma das reclamações comuns aos moradores de áreas próximas a ETRS tem sido o grande volume de tráfego de caminhões. Estas reclamações se dão devido aos impactos causados pelos caminhões transportadores, como:

- Altos níveis de ruído;
- Dissipação de odor;
- Danos às vias públicas;
- Problemas de saúde devido as emissões atmosféricas dos sistemas de exaustão dos caminhões;

Dependendo do tamanho da embarcação de transferência, uma única barça pode substituir até 350 viagens de um caminhão compactador, entretanto as medidas legais para locação e implantação desses terminais marítimos pode ser mais dificultosa que de ETRS terrestres. (EPA, 2002).

A dinâmica populacional de Florianópolis vem demonstrando um crescimento considerável. A cidade está localizada majoritariamente em uma ilha, geometricamente longitudinal, e possui suas duas ligações, utilizáveis, com o continente unicamente na região central. Esses fatores indicam que, num futuro próximo, o transporte marítimo tende a ser uma alternativa aos problemas de mobilidade urbana da cidade.

Antecipando esta tendência a composição do cenário 3 visa avaliar economicamente a possibilidade de implantação de uma EMTRS.

Seguindo a metodologia EPA (2002) para determinação do custo por tonelada transportada, neste caso, deve-se levar em conta a distância percorrida em via marítima (Dm); o custo de transporte marítimo (CTm), a capacidade de carga das embarcações (Cce), e o custo por tonelada para implantação e operação (CIO) da EMTRS, por meio da expressão:

$$C = CIO + \frac{(Dm \cdot CTm)}{Cce} \quad (3)$$

Onde:

C: Custo do transporte (R\$/ton)

CIO: Custo de Implantação e Operação (R\$/ton)

Dm: Distância percorrida em transporte até a destinação final ou até a uma próxima estação de transferência (Km);

CTm: Custo envolvido no transporte em função da distância percorrida (R\$/Km);

Cce: Capacidade de carga das barcas (ton).

Custo de Implantação e Operação Distância de transporte e Custo de Transporte

Para se determinar a distância da via marítima teve-se que considerar alocar esta estação em determinada área no norte, que não fosse uma praia, que não fosse local de “mar aberto”, próximo a uma grande via de transporte, não muito próximo de concentrações habitacionais ou de terrenos já acometidos pela exploração imobiliária. Neste caso chegou-se então a uma área próxima a praia da Daniela (Figura 4).



Figura 4 – Localização EMTRS (Florianópolis e Biguaçu), em amarelo o percurso economizado com a utilização do transporte marítimo.



Figura 5 – Localização das EMTRS e distâncias percorridas.

Embora a área encontre-se as margens de uma unidade de conservação Federal medidas de mitigação de impactos podem ser estudadas, assim como o uso de um terminal flutuante o que evitaria maiores intervenções na costa e efeitos de dragagem. Para este estudo econômico determinou-se uma área conforme Figura 5. Esta distante 11500m do próximo terminal na porção continental e este por sua vez localizado a 7900m da destinação final.

Atualmente já existe um projeto da Secretaria de Infra-estrutura de Santa Catarina que busca implementar um sistema hidroviário de transporte de passageiros, entre os municípios da região metropolitana de Florianópolis. Basicamente este projeto previa a aquisição de embarcações e a construção de terminais hidroviários.

Segundo este projeto do governo do estado, o terminal de maior custo seria o terminal do centro da cidade (Figura 6). Este deveria ser um terminal flutuante com capacidade para três embarcações de 26,00m onde estas teriam capacidade pra 300 passageiros e velocidade de transporte de 09nós. Cada embarcação seria adquirida a um custo de R\$ 524.000,00 (quinhentos e vinte e quatro mil reais), enquanto o terminal

custaria aos cofres R\$ 5.486.00,00 (cinco milhões quatrocentos e oitenta e seis mil reais).



Figura 6 – Terminal flutuante sugerido pelo Governo do Estado de Santa Catarina.

Com base nos custos envolvidos na implantação deste sistema, fez-se aqui uma correlação de proximidade de custos para se estimar o custo de implantação de duas EMTRS, uma para cada margem da baía Norte (uma em Florianópolis e outra em Biguaçu). Considerou-se, portanto o custo de R\$ 6.000.000,00 (seis milhões de reais) para implantação do terminal marítimo flutuante em Florianópolis e de R\$1.500.000,00 (um milhão e quinhentos mil reais) para o terminal de Biguaçu.

Essas estruturas hidroviárias possuem em sua maioria, altos índices de mecanização e baixa mão de obra e, portanto, quanto aos custos de operação, consideraram-se valores próximos ao custo de operação de uma ETRS terrestre, ou seja, R\$ 6,00/ton.

Simplificando os custos de transporte marítimo aos custos com combustíveis e conforme dados da ACOBAR cada HP de uma embarcação à 09 nos, consome 200ml de óleo diesel por hora e, para transporte de uma tonelada são necessários 10hp. Logo o custo global de transporte marítimo pode ser dado pela Tabela 33.

Tabela 33 – Custo de transporte marítimo.

	Valores	Unidade
Velocidade Balsa	16,67	km/h
Distancia (ida+volta)	23,00	km
Tempo	1,38	horas
Capacidade de carga balsa	125,00	m ³
Massa de resíduo transportado	70,00	ton.
Potencia requerida por tonelada	12,00	HP/ton
Potencia requerida	840,00	HP
Consumo unitário	0,20	l/h.HP
Consumo por viagem	231,82	litros
Custo	301,37	R\$/viagem
Custo do combustível	13,10	R\$/km
Custo de transporte	17,03	R\$/km

Assim para efeitos de calculo do custo de transporte por tonelada transportada foram consideradas as seguintes variáveis:

CIO: R\$30,00/ton (Custo de implantação R\$24,00/ton + Custo de Operação R\$6,00/ton);

D: 23 km (11,5km para ida e 11,5km para volta);

CT: 17,03 (R\$/Km) – Tabela 33.

Cc: 70 ton – aproximação determinada em função das dimensões da embarcação;

Temos:

Tabela 34 – Custo em R\$/ton transportada para a distancia determinada.

Distancia (km)	23
Custo de Transporte (R\$/ton)	35,88

10.4. Resultados e Comparações

A Tabela 35 mostra um comparativo direto dos custos por tonelada transportada, nos três cenários.

Tabela 35 – Comparativo entre os cenários.

	Cenário I		Cenário II		Cenário III
Dist. (km)	50	69	50	69	23
Custo (R\$/ton)	37,7	52,1	25,1	30,8	35,9

Nitidamente observa-se que independente da época do ano a implantação de ETRS se mostra economicamente viável quando comparada a manutenção do sistema atual. Inclusive ela se mostra valer mais a pena quanto maior as distancias percorridas.

A priori a implantação de uma EMTRS mostra-se viável quando comparada a manutenção do sistema atual, entretanto aparentemente não representa uma viabilidade econômica quando este cenário é confrontado com o Cenário II.

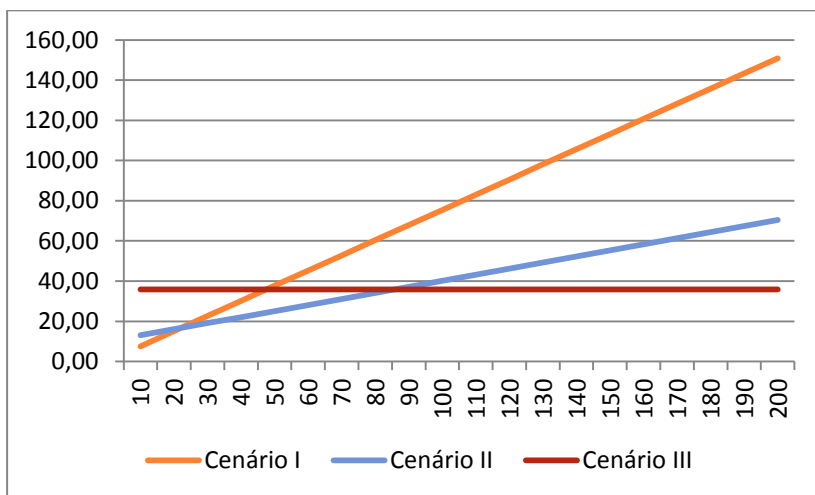
Porem vale lembrar que as distancias consideradas (Cenário I e Cenário II) foram as distancias até a atual CETRES no Itacorubi. Esta consideração quando comparamos apenas o Cenário I com Cenário II não faz diferença, entretanto ao compararmos estes cenários com o Cenário III se faz necessário o acréscimo da distancia da CETRES até o terminal marítimo de Biguaçu, ou seja, precisa-se somar 70 km (35 km para cada trecho), às distancias de transporte do Cenário I e II, conforme Tabela 36.

Tabela 36 – Comparativo entre os cenários, considerando a distancia até o aterro.

	Cenário I		Cenário II		Cenário III
Dist. (km)	120	139	120	139	23
Custo (R\$/ton)	90,5	104,9	46,2	52,0	35,9

O Gráfico 6 faz outra representação comparativa dos três cenários. Nele é possível observar a partir de quais distancias cada cenário pode ser considerado viável economicamente.

Gráfico 6 – Comparativo dos Custos (R\$/ton.) em função da distancia percorrida, para os cenários I, II e III.



Neste caso a partir de 23 km de transporte a implantação de uma ETRS no Norte já começa a ser economicamente viável. Para o objeto de estudo, portanto tem-se uma economia de aproximadamente 41% quando comparado o custo do cenário I e II. Isto representa, para o horizonte de projeto, uma economia de até R\$6.644.748,00 quando multiplicamos esta diferença pelo total de resíduos transportados durante 10 anos e descontando a distancia da CETRES até o aterro sanitário.

Diante das considerações e simplificações para se estimar os custos de implantação, operação e transporte numa EMTRS, a mesma passa a ser economicamente viável a partir de 83 km de transporte quando comparamos com o Cenário II. Para o caso em questão a economia pode representar no mínimo R\$ 10,30 por tonelada transportada. Logo dentro do horizonte de 10 anos esta economia pode chegar a R\$ 3.213.188,00. Representando então a economicidade do sistema e a viabilidade econômica do mesmo.

11. Considerações Finais

Diante do exposto e avaliado no decorrer deste trabalho, pode-se observar a importância de instalações como as estações de transferência de resíduos. Além de representarem uma grande economia no âmbito do transporte municipal de resíduos sólidos urbanos são importantes estrategicamente, podendo servir também como uma estrutura de contexto social, agregando a sua funcionalidade, centrais de triagem de resíduos recicláveis, compostagem de resíduos orgânicos ou até cursos de conscientização ambiental para comunidade e etc.

Embora a implantação de estações de transferência seja mais que necessária para aprimorar sistemas de transporte de resíduos, a realização de um planejamento dentro de um horizonte de projeto é extremamente importante. Sem este planejamento estas estruturas podem ser mal dimensionadas ou alocadas em regiões cujo custo benefício pode não ser adequado, e representar desperdício de investimentos com capital público. Afinal de contas usualmente essas estruturas urbanas não são implantadas com recursos da iniciativa privada.

Um adequado planejamento é capaz de identificar em qual região municipal, dentro de um horizonte de projeto mínimo, se faz mais necessária à implantação de uma ETRS. Entretanto nem sempre regiões municipais aparentemente carentes deste tipo de estrutura poderão recebê-las de forma economicamente sustentável, e um bom planejamento consegue encontrar um balanço financeiro da real necessidade deste tipo de estrutura, avaliando os custos de implantação e a economicidade do sistema.

12. Conclusões

Conforme objeto de estudo deste trabalho ficou evidente que o mesmo conseguiu atingir os objetivos pretendidos. O mesmo mostrou claramente a necessidade de implantação de uma ETRS na região norte de Florianópolis. Além desta região representar uma das maiores geradoras de RSU do município, a região norte apresentou as maiores distâncias de transpor, percorridas até a CETRES existente no Itacorubi. Ao se comparar a manutenção do sistema de transporte atual com a implantação de uma ETRS no norte de Florianópolis os custos de transporte (R\$/ton) representaram uma economia, dentro de dez anos,

que poderia ultrapassar os seis milhões de reais, caso uma ETRS fosse instalada na região.

13. Recomendações

Dentro deste contexto de avaliação de custos e considerando o crescimento populacional de Florianópolis e a problemática da mobilidade urbana, foi levantada a possibilidade de implantação de estação marítima de transferência de resíduos ao invés de uma ETRS convencional. Nela os resíduos seriam transportados diretamente do norte da ilha para o município de Biguaçu, já nas proximidades do aterro sanitário da Proactiva.

Embora a avaliação deste cenário tenha se demonstrado economicamente viável ao ser confrontado com a implantação de uma ETRS convencional, representando uma economia superior a três milhões de reais, durante dez anos, sugere-se a confecção de estudos mais aprofundados, que avaliem mais a fundo os investimentos necessários e os custos de implantação. Assim como também devem ser avaliados os reais impactos ambientais decorrentes da implantação e operação de um sistema como esse.

14. Referencias Bibliográficas

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 12980 – **Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos - terminologia.**

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas - **NBR 12.808. Resíduos de serviços de saúde**

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas - **NBR 10.004. Resíduos sólidos: classificação.**

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas - **NBR 8419/1984 – apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos urbanos**

ACOBAR. **Associação Brasileira De Construtores De Barco.** Disponível em: <www.acobar.com.br>, Acesso em 10 de agosto de 2011.

AZAMBUJA, Eloisa Amábile Kurth de. **Proposta De Gestão De Resíduos Sólidos Urbanos – Análise Do Caso De Palhoça/Sc.** 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia de, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BRINGHENTI, Jacqueline. **Coleta Seletiva de Resíduos Sólidos Urbanos: Aspectos Operacionais e da Participação da População.** 2004. 316 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CAMPANÁRIO, Paulo. **Florianópolis: Dinâmica demográfica e projeção da população por sexo, grupos etários, distritos e bairros (1950-2050).** Florianópolis: Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis, 2007.

CASTILHOS JUNIOR, A. B. (Org.); LANGE, Lisete Celina (Org.) ; GOMES, Luciana Paulo (Org.) ; PESSIN, Neide (Org.) . **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte.** Rio de Janeiro: ABES, 2003.

CETESB. **Aterros sanitários:** Apostilas Ambientais. São Paulo: Cetesb, 1997.

COSTA, H.S. **Aspectos operacionais das estações de transferência de resíduos sólidos domiciliares no Brasil.** 1998-204f. Dissertação Mestrado em Hidráulica e Saneamento – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos 1998.

COMCAP. Companhia Melhoramentos da Capital. **Considerando mais o lixo.** 2. ed. Florianópolis, 2009.

COMCAP. Companhia Melhoramentos da Capital. **História Comcap.** Disponível em <http://www.pmf.sc.gov.br/entidades/comcap/>, Acesso em 29 de novembro de 2010.

COMCAP. Companhia Melhoramentos da Capital. **Caracterização Física Dos Resíduos Sólidos Urbanos De Florianópolis.** Florianópolis, 2002.

CONDER, Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia. **Manual de Operação de Aterros Sanitários.** Disponível em: <http://www.conder.ba.gov.br/manual_aterro.pdf> Acesso em: 19 de setembro de 2010.

DIAS, Sandra Maria Furiam. **Caracterização Física Dos Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Etapa preliminar No Gerenciamento Do Lixo.** Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, Cancun, out. 2002.

FIALHO, Lucimar Lopes. **Caracterização da matéria orgânica em processo de compostagem por métodos convencionais e espectroscópicos.** 2007. 170 f. Tese (Doutora) - Departamento de Instituto De Química De São Carlos, Universidade De São Paulo, São Paulo, 2007.

GANDELINI, Luciana. **Localização De Aterros Sanitários E Lixões No Estado De São Paulo, Considerando Padrões Ambientais Distintos: Uma Aplicação De Modelos Matemáticos De Otimização.** 2002. 116 f. Monografia (Bacharel) - Curso de Ciências Econômicas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

HERRMANN, Maria Lucia de Paula. **Aspectos ambientais da porção central da Ilha de Santa Catarina**. 1989, 228f. dissertação (Mestrado em Centro de Ciências Humanas)- Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1989.

IBAM - **Instituto Brasileiro de Administração Municipal**, Disponível em <www.ibam.org.br>, Acesso em 15 de setembro de 2010.

IPT - **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. Coordenação Niza Silva Jardim... et al. 1ª edição São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A.(IPT):CEMPRE, 1995 – (Publicação IPT 2163).

LEI FEDERAL - 12.305. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: Diário Oficial da União, 2010.

MONTEIRO, J. H. P. [et. al]. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos**.

Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM). Rio de Janeiro: 2001, 204p.

MOTA, Suetônio. **Introdução à Engenharia Ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 1997, 292p.

OLIVEIRA, Selene de. Caracterização física dos resíduos sólidos domésticos (RSD) da cidade de Botucatu/SP. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental da Abes**, São Paulo, set. 1999.

PINTO, M. da S. **A coleta e a disposição do lixo no Brasil**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1979. 228 p.

PESSIN, Neide. COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: ESTUDO DE CASO – MUNICÍPIO DE CANELA – RS. **Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Montevideo, 2004.

PAULETTO, Fábio Zavala. **A Taxa Pela Coleta De “Lixo”: Um Estudo Entre O Consumo De Água E O Consumo De Energia Elétrica Com A Produção De Resíduos Sólidos Domiciliares**. 2010. 108 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Departamento de

Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

Prefeitura Municipal De Florianópolis - PMF. **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico (PMISB – Florianópolis)**. Florianópolis, 2008.

South Carolina Department Of Health And Environmental Control (SCDHEC). **Regulation 61-107.5 SWM: Collection, Temporary Storage and Transportation of Municipal Solid Waste**. South Carolina, 1993.

SANTA CATARINA. **Lei nº 13.557, de 17 de novembro de 2005**. Estabelece a Política Estadual sobre Resíduos Sólidos.

United States Environmental Protection Agency - EPA. Solid Waste And Emergency Response. **A Waste Transfer Station: Involved Citizens Make de Difference**. Washington, 2001.

United States Environmental Protection Agency - EPA. Solid Waste And Emergency Response. **A Waste Transfer Station: A Manual for Decision-Making**. Washington, 2002.

VIEIRA, Sálvio José. **Seleção De Áreas Para O Sistema De Tratamento E Disposição Final Dos Resíduos Sólidos De Florianópolis/Sc**. 1999. 105 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

ANEXOS

Anexo I

Variável	Unidade	Expressão Matemática	Conceito
Número de veículos de transferência em operação (Nvo)	Veículo de transferência em operação	$Nvo = (Nvd \cdot t)/j$ em que Nvd é o número de viagens por dia, t é o tempo de ciclo e j é a jornada de trabalho da estação de transferência, partindo-se do pressuposto de que a jornada de trabalho da estação é a mesma dos veículos de transferência	É a quantidade de veículos de transferência necessária para remover os resíduos recebidos ao longo de um dia
Número de veículos-reserva de transferência (Nvr)**	Veículos-reserva de transferência	$Nvr = 0,10 \cdot Nvo$ em que Nvo é o número de veículos de transferência em operação	É a quantidade de veículos adicionais para substituir reparos e manutenção de veículos em caso de emergência
Número total de veículos de transferência (Nvt)	Veículos de transferência	$Nvt = Nvo + Nvr$ em que Nvo é o número de veículos em operação e Nvr é o número de veículos reserva	É o somatório entre o número de veículos em operação e o número de veículos reserva
Número de viagens por veículo (Nvv)	Viagem/veículo	$Nvv = Nvd/Nvo$ em que Nvd é o número de viagens por dia e Nvo é o número de veículos de transferência em operação	É a quantidade máxima de viagens que um veículo de transferência poderá realizar
Capacidade de estocagem (Ce)	t	$Ce = (Nf \cdot Cf) + (Nvt \cdot Cv) + (Nc \cdot Cc)$ em que Nf é o número de fossos de acumulação de resíduos, Cf é a capacidade de armazenamento do fosso em tonelada, Nvt é o número de veículos de transferência, Cv é a capacidade de carga do veículo de transferência em tonelada. Caso haja sistema de compactação, adiciona-se o produto entre Nc , que é o número de compactadores, e Cc , que é a capacidade de acumulação de carga no compactador em tonelada***	É a quantidade de resíduo que a estação de transferência pode armazenar
Capacidade operacional da estação de transferência (Co)	t/dia	$Co = Ct + Ce$ em que Ct é a capacidade média de transferência da estação (tonelada/dia) e Ce é a capacidade de estocagem (tonelada/dia)	É a quantidade de toneladas que a estação de transferência pode manipular
Número de sistemas (Ns)	Sistemas de transferência	$Ns = q/Co$ em que q é a quantidade média de resíduos recebida pela estação (tonelada/dia) e Co é a capacidade operacional da estação de transferência (tonelada/dia)	É a quantidade de sistemas de transferência necessários